



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS FABRICADOS DE
ACUERDO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE
SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL,
PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)" Y TÉCNICAS DE DISEÑO "VITERVO
A. O'REILLY DÍAZ"**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Jaime Eduardo Azang García

ASESOR:

Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga

Tarapoto – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS FABRICADOS DE
ACUERDO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE
SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL,
PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)" Y TÉCNICAS DE DISEÑO "VITERVO
A. O'REILLY DÍAZ"**


Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil


AUTOR:


Bach. Jaime Eduardo Azang García

Sustentada y aprobada el día 5 de mayo del 2017, ante el honorable jurado:


Ing. M. Sc. José Vergisto Alarcón Zamora
Presidente


Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
Secretario
(Autorizado con Resolución N° 641 – 2018 –
UNSM/FICA – D – NLU. Fecha 28 – 09 – 18)


Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón
Miembro


Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

JAIME EDUARDO AZANG GARCÍA, peruano identificado con documento nacional N° 01148648, bachiller egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS FABRICADOS DE ACUERDO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)" Y TÉCNICAS DE DISEÑO "VITERVO A. O'REILLY DÍAZ",

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios de plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas como falsa), entre otros, se asume las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se derive, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 5 de mayo del 2017.



Bach. Jaime Eduardo Azang García
DNI. 01148648



DECLARACIÓN JURADA

Yo, JAIME EDUARDO AZANG GARCÍA, peruano identificado con documento nacional N° 01148648, con domicilio legal en el Jr. Oscar R. Benavides N° 176 de la ciudad de Moyobamba, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, DECLARO BAJO JURAMENTO, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 5 de mayo del 2017.



Bach. Jaime Eduardo Azang García
DNI. 01148648



Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: AZANG GARCÍA, JAIME EDUARDO	
Código de alumno : 95-107	Teléfono: 996126504
Correo electrónico : geocalculista@hotmail.es	DNI: 01148648

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS FABRICADOS DE ACUERDO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)" Y TÉCNICAS DE DISEÑO "VITERVO A. O'REILLY DÍAZ".
Año de publicación: 2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

26 / 11 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS, NUESTRO CREADOR : Por cuidarme y guiarme en toda mi vida y mi carrera, por estar en esos momentos en los que un amigo no fue suficiente y por permitirme alcanzar este triunfo.
- MIS PADRES : Jayme Wagner y Betty Alicia, por brindarme todo su apoyo y estar conmigo en los momentos más difíciles de la vida y porque dentro de lo poco ellos siempre me han dado lo mejor. ¡QUE DIOS LES BENDIGA!
- MI ESPOSA E HIJO : Judith y Edwin Eduardo, apoyos espirituales en mi trabajo diario, fuentes permanentes de mi superación.
- LA JUVENTUD PERUANA : Que orientan sus objetivos al desarrollo y la paz social de nuestro país, PERÚ.
- MI AMIGO : Federico Cubas Quiroz[†] que me descubrió la Ingeniería de Geotecnia y la enseñanza: con el agradecimiento y cariño del discípulo y amigo.
- MIS PROFESORES : Por impartir sus valiosos conocimientos y experiencias y formar a los futuros ingenieros de nuestro amado país.
- LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO : Mi casa superior de estudios, casa en donde se forman los mejores profesionales de San Martín y del Perú.
- LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA : En especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por permitirme mi formación en sus ilustres aulas.

Jaime Eduardo Azang García.

AGRADECIMIENTO:

- A MI ASESOR : Dr. Ing. Serbando Soplopucó Quiroga, por su disposición de ayuda y orientación técnica en la ejecución de esta investigación.
- AL PROFESOR : Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz[†], quien en vida me extendió sabios consejos y deseos de bienestar hacia mi persona.
- AL INGENIERO : Marcos Germán Tejada Puerta, por su apoyo absoluto.
- A LAS SOCIEDADES : CEMENTOS SELVA, por la gentileza de donarme agregados.
- DINO SELVA ZONAL TARAPOTO, por brindarme sus instalaciones y equipos de laboratorio para llevar a cabo la rotura de probetas de concreto.
- CONSULTORÍA SELVA, por brindarme sus instalaciones y equipos de laboratorio para llevar a cabo tandas de ensayo para 0,02 m³ de concreto con toma de densidades después de la cuantificación prefijada y experimental de agua para verificación de revenimientos de diseño.

A muchas otras personas que lamentablemente el espacio me impide consignar. A ellas, mi aprecio por su valiosa ayuda.

EN MEMORIA:

Al profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], quien en vida no barajó la originalidad científica con la erudición y la vulgarización; sabio verdadero que dejó profundas huellas en la investigación, en la aportación de innovaciones y en la enseñanza del arte de balancear los componentes de la mezcla de un concreto de forma económica garantizando las exigencias mecánicas y de durabilidad.

Jaime Eduardo Azang García.

ÍNDICE

	Página
Carátula	i
Aprobación de textos	ii
Resolución N° 641 – 2018 – UNSM/FICA – D – NLU. Fecha 28 – 09 – 18	iii
Dedicatorias	vi
Agradecimiento	vii
En memoria	vii
Índice	viii
Abreviaturas y símbolos	xxxiv
Pasaje bíblico	xxxviii
Resumen	xxxix
Abstract	xl
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Generalidades	1
1.2 Exploración preliminar orientando la investigación	3
1.3 Aspectos generales del estudio	5
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver	8
2.1.1 Antecedentes del problema	8
2.1.2 Planteamiento del problema	9
2.1.3 Delimitación del problema	11
2.1.4 Formulación del problema	11
2.2 Objetivos de la investigación	11
2.2.1 Objetivo principal	11
2.2.2 Objetivos específicos	11

2.3	Justificación de la investigación	12
2.4	Delimitación de la investigación	13
2.5	Marco teórico	14
2.5.1	Antecedentes de la investigación	14
2.5.2	Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación	16
2.5.2.1	El concreto	16
2.5.2.1.1	La estructura del concreto	18
	La microestructura del concreto	19
	La pasta de cemento hidratada. Su porosidad	20
	Origen de los poros capilares	20
	Clasificación de la porosidad	22
	La interfaz pasta – agregado	27
2.5.2.1.2	El concreto en estado fresco y sus propiedades	27
	Trabajabilidad	27
	Consistencia (cohesión y viscosidad)	29
	Compacidad (densidad relativa)	33
	Segregación	35
	Exudación	37
	Contracción	39
	Peso unitario	40
	Contenido de aire	41
2.5.2.1.3	El concreto en estado endurecido y sus propiedades	41
	Resistencia mecánica	41
	Durabilidad	43
	Permeabilidad	44
	Estabilidad volumétrica	46
	Elasticidad	47
2.5.2.2	Materiales para el concreto	48
2.5.2.2.1	Cemento	48
	Aspectos generales	48
	Propiedades físicas	50
	Peso específico	50
	<i>Fineza</i>	51

	<i>Contenido de aire</i>	52
	<i>Fraguado</i>	52
	<i>Resistencia mecánica</i>	53
	<i>Calor de hidratación</i>	54
	Composición química básica	55
	Normatividad del cemento	59
2.5.2.2.2	Agregados	60
	El agregado grueso	61
	El agregado fino	63
2.5.2.2.3	Aditivos	64
2.5.2.2.4	Agua	67
2.5.2.3	La mezcla de concreto y su costo de producción	69
2.5.2.4	El costo de la durabilidad	70
2.5.2.5	La granulometría de los agregados	71
2.5.2.6	La influencia de la característica de forma del material	75
2.5.2.7	Estudio teórico de las metodologías aplicadas en la presente investigación	82
2.5.2.7.1	Descripción de la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	82
2.5.2.7.2	Descripción de las técnicas de diseño "Vitervo A. O'Reilly Díaz"	84
	Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia	85
	Método Físico – Matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos	92
2.5.3	Marco conceptual: Terminología básica	94
2.5.3.1	Absorción del concreto	94
2.5.3.2	Agregado para hormigón (concreto)	94
2.5.3.3	Agregado denominado "Hormigón" en el Perú	94
2.5.3.4	Análisis granulométrico	94
2.5.3.5	Cemento	94
2.5.3.6	Comité 211.1 del ACI	95
2.5.3.7	Comité 211.2 del ACI	95
2.5.3.8	Comité 211.3 del ACI	95

2.5.3.9	Comité 211.4 del ACI	95
2.5.3.10	Comité 211.5 del ACI	95
2.5.3.11	Compacidad	
	95.....	
2.5.3.12	Concreto	96
2.5.3.13	Concreto de alto desempeño	96
2.5.3.14	Consistencia	96
2.5.3.15	Curado	96
2.5.3.16	Dosificación del concreto	96
2.5.3.17	Durabilidad del concreto	96
2.5.3.18	Hermeticidad	97
2.5.3.19	Muestra	97
2.5.3.20	Módulo de fineza	97
2.5.3.21	Módulo de fineza del agregado fino	97
2.5.3.22	Permeabilidad	97
2.5.3.23	Porosidad	98
2.5.3.24	Resistencia mecánica	98
2.5.3.25	Relación agua – cemento	98
2.5.3.26	Trabajabilidad	98
2.5.3.27	Vida prevista	98
2.5.3.28	Vida útil	98
2.5.4	Marco histórico	99
2.5.4.1	Antecedentes	99
2.5.4.2	Descubrimiento, uso, evolución y desarrollo del cemento Portland y del concreto	100
2.5.4.3	Desarrollo histórico de la dosificación del concreto	104
2.6	Hipótesis a demostrar	114

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Materiales utilizados	115
3.1.1	Recursos humanos	115
3.1.2	Recursos materiales	115

3.1.2.1	Descripción de la cantera utilizada	115
	Ubicación	116
	Accesibilidad	116
	Condiciones ambientales	117
	Geología	117
	Explotación	118
3.1.2.2	Tipo de cemento utilizado	118
3.1.3	Recursos de equipos	120
3.1.4	Otros recursos	122
3.2	Métodos	122
3.2.1	Tipo y nivel de la investigación	122
3.2.2	Universo y muestra	123
3.2.3	Sistema de variables.....	123
3.2.3.1	Variables independientes	123
3.2.3.2	Variables dependientes	123
3.2.4	Diseño experimental de la investigación	124
3.2.5	Diseño de instrumentos	124
3.2.5.1	Descripción de ensayos practicados para la valoración de la calidad de los agregados	125
	Suelos. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino (NTP 339.146)	125
	Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado (NTP 339.185)	130
	Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012)	132
	Agregados. Método de ensayo para la determinación cualitativa de cloruros y sulfatos (NTP 400.014)	136
	Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados (NTP 400.015)	138
	Agregados. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio (NTP 400.016)	141

Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados (NTP 400.017)	142
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 400.018)	148
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 400.019)	151
Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)	155
Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022)	159
Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto (NTP 400.024)	163
Agregados. Método de ensayo para determinar el porcentaje de poros en el agregado (NTP 400.036)	164
Agregados. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso (NTP 400.040)	165
Agregados. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en hormigón (concreto) (NTP 400.042)	169
Agregados. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo (NTP 400.043)	170
3.2.5.2 Mezcla de los agregados	172
Mezcla de agregados empleando la metodología de diseño del Comité 211.1 del American Concrete Institute	173
Mezcla de agregados empleando la metodología de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz	175
3.2.5.3 Diseño de mezclas de concreto	176
3.2.5.4 Descripción de ensayos practicados en mezclas de concreto fresco y concreto endurecido	178

Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034)	178
Hormigón. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams (NTP 339.035)	179
Hormigón. Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto) (NTP 339.037)	182
Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)	185
Hormigón. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido (NTP 339.187)	190
3.2.6 Procesamiento y presentación de la información	193

IV. RESULTADOS

4.1 Características físicas, mecánicas y químicas del agregado grueso y agregado fino. Resultados de los ensayos	195
4.2 Características granulométricas del agregado grueso y agregado fino. Resultados de los ensayos	197
4.3 Evaluación de la calidad de los agregados	200
4.4 Combinación porcentual de los agregados de la cantera "Tioyacu" aplicando la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	203
4.5 Combinación porcentual de los agregados de la cantera "Tioyacu" aplicando la técnica de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz. Combinación óptima a través del cálculo del porcentaje de vacíos	204
4.6 Determinación experimental de la cantidad de agua para un metro cúbico de concreto	205
4.7 Composición de la masa del concreto para la fabricación de probetas mediante la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	207

4.8	Composición de la masa del concreto para la fabricación de probetas mediante la técnica de diseño "método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	211
4.9	Resistencias a la rotura por compresión de probetas de concreto obtenidos a través de la "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	215
4.10	Resistencias a la rotura por compresión de probetas de concreto obtenidos a través del "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	216
4.11	Característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"	217
4.12	Composición de la masa del concreto para la fabricación de probetas mediante el "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	218
4.13	Densidad del concreto	222
4.14	Aire atrapado y volumen de poros permeables en la composición de la masa del concreto	223
4.15	Cantidad comparativa de cemento empleado en la composición de masas de concreto	224
4.16	Comparación porcentual de Cemento Extraforte tipo ICo empleado con las metodologías de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz respecto a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	225
4.17	Costos de producción comparativos en la composición de las masas de concreto	227

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis de los resultados	228
5.1.1	Generalidades	228
5.1.2	Ensayos preliminares	229
5.1.3	Cemento	230
5.1.4	Agregados	230
5.1.4.1	Agregado fino	230

5.1.4.2	Agregado grueso	230
5.1.5	Propiedades del concreto en estado fresco	231
5.1.5.1	Trabajabilidad	231
5.1.5.2	Consistencia (cohesión y viscosidad)	232
5.1.5.3	Peso unitario	232
5.1.5.4	Segregación, exudación y contracción	233
5.1.6	Propiedades del concreto en estado endurecido	233
5.1.6.1	Medida del esfuerzo a la compresión	234
5.1.6.2	Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto)	234
5.2	Discusión de los resultados	235
5.2.1	Agregados	235
5.2.2	Mezcla de los agregados	238
5.2.3	Revenimientos	239
5.2.4	La característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"	240
5.2.5	Resistencia a la rotura por compresión de probetas de concreto	241
5.2.6	Consumo de cemento	243
5.2.7	Porcentaje de poros capilares en el concreto resultante	243
5.2.8	Grado de densidad del concreto	244
5.2.9	Costos de producción de las masas de concreto	244
5.3	Contrastación de hipótesis	245

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	248
6.2	Recomendaciones	253

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía	255
Linografía	262

VIII. ANEXOS

Anexo 1	Equivalente de arena del agregado fino (NTP 339.146)	263
Anexo 2	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012)	267
Anexo 3	Determinación cualitativa de cloruros y sulfatos (NTP 400.014)	315
Anexo 4	Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados (NTP 400.015)	318
Anexo 5	Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio (NTP 400.016)	325
Anexo 6	Masa por unidad de volumen (peso unitario) compacto o suelto y los vacíos en los agregados (NTP 400.017)	328
Anexo 7	Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados (NTP 400.018)	342
Anexo 8	Resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019)	348
Anexo 9	Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)	353
Anexo 10	Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022)	359
Anexo 11	Determinación cualitativa de las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto (NTP 400.024)	363
Anexo 12	Porcentaje de poros en el agregado (NTP 400.036)	365
Anexo 13	Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso (NTP 400.040)	372
Anexo 14	Determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en hormigón (concreto) (NTP 400.042)	376
Anexo 15	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm^2 , 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 , 245 kg/cm^2	379
Anexo 16	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un	

	revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	400
Anexo 17	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	417
Anexo 18	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	438
Anexo 19	Determinación de las características de formas "Ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"	455
Anexo 20	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	464
Anexo 21	Diseño de mezclas de concreto. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	481
Anexo 22	Medida del esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	498
Anexo 23	Medida del esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	503

Anexo 24	Medida del esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	512
Anexo 25	Medida del esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	517
Anexo 26	Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	526
Anexo 27	Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	531
Anexo 28	Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	536
Anexo 29	Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm ² , 175 kg/cm ² , 210 kg/cm ² , 245 kg/cm ²	541

Anexo 30	Fotografías de las partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de tamaños 25 mm, 19 mm, 12,5 mm y 9,5 mm en posición 1 y 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	546
----------	---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Valores recomendados del revenimiento para varios tipos de construcción, dados por la norma ACI 211.1	33
Tabla 2	Principales componentes del cemento Portland	56
Tabla 3	Límites aproximados de la composición del cemento Portland	58
Tabla 4	Composición de óxidos y compuestos de un cemento Portland típico	58
Tabla 5	Composición química y propiedades físicas del Cemento Portland Compuesto tipo "ICo"	59
Tabla 6	Tamices estándar ASTM	71
Tabla 7	Pareja de valores "M ₁ " y "M ₂ " correspondientes a un solo valor de revenimiento (A _s)	88
Tabla 8	Valor de "V" según la según la relación agua – cemento	90
Tabla 9	Composición química y propiedades físicas del CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland adicionado)	119
Tabla 10	Tamaño de la muestra de agregado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado	131
Tabla 11	Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global para la determinación de la distribución por tamaño de partículas por tamizado	134
Tabla 12	Masa mínima de la muestra para determinar la presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados	139
Tabla 13	Tamices a utilizar para la separación de las partículas en la determinación de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados	140
Tabla 14	Capacidad de la medida para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados	143
Tabla 15	Densidad del agua	145
Tabla 16	Cantidad mínima de muestra para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados	149

Tabla 17	Carga según la gradación de la muestra de ensayo 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	152
Tabla 18	Graduación de las muestras de ensayo 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	153
Tabla 19	Masa mínima de la muestra de ensayo	157
Tabla 20	Masa mínima de la muestra para determinar las partículas chatas o alargadas en el agregado grueso	166
Tabla 21	Parámetros de entrada para el diseño de mezclas de concreto aplicando la metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	177
Tabla 22	Parámetros de entrada para el diseño de mezclas de concreto aplicando la metodología "Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia" (metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz)	178
Tabla 23	Resistencia a la compresión y espesor máximo de los materiales de refrentado	184
Tabla 24	Número de capas requerida por espécimen para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio	188
Tabla 25	Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba en la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio	189
Tabla 26	Resultados de los ensayos practicados sobre el agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu"	195
Tabla 27	Resultados de los ensayos practicados sobre el agregado fino de la cantera "Tioyacu"	196
Tabla 28	Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"	198
Tabla 29	Curva granulométrica del agregado fino de la cantera "Tioyacu"	199
Tabla 30	Cálculo del módulo de fineza del agregado fino de la cantera "Tioyacu"	200
Tabla 31	Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu", de acuerdo a los requisitos expuestos	

	en la NTP 400.037 – "Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" y otras especificaciones técnicas	200
Tabla 32	Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu", de acuerdo a los requisitos expuestos en la NTP 400.037 – "Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" y otras especificaciones técnicas	202
Tabla 33	Combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino para un revenimiento de diseño de 100 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	203
Tabla 34	Combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino para un revenimiento de diseño de 120 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	204
Tabla 35	Relación entre la combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino y el porcentaje de vacíos. Metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz	204
Tabla 36	Determinación experimental del agua de diseño a utilizar. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	205
Tabla 37	Determinación experimental del agua de diseño a utilizar. Metodologías de Vitervo A. O'Reilly Díaz	206
Tabla 38	Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 100 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	215
Tabla 39	Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 120 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	215
Tabla 40	Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 100 mm. Metodología	

	"Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	216
Tabla 41	Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 120 mm. Metodología "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	216
Tabla 42	Característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" obtenida a través del MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA (Técnica de Vitervo A. O'Reilly Díaz)	217
Tabla 43	Característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" obtenida a través del MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO (Técnica de Vitervo A. O'Reilly Díaz)	217
Tabla 44	Densidad del concreto en estado fresco y en estado endurecido según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 100 mm	222
Tabla 45	Densidad del concreto en estado fresco y en estado endurecido según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 120 mm	222
Tabla 46	Aire atrapado y volumen de poros permeables en la composición de la masa del concreto según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 100 mm	223
Tabla 47	Aire atrapado y volumen de poros permeables en la composición de la masa del concreto según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 120 mm	224
Tabla 48	Cantidad comparativa de Cemento Extraforte Tipo ICo empleado en la composición de la masa del concreto con revenimiento de diseño de 100 mm	224
Tabla 49	Cantidad comparativa de Cemento Extraforte Tipo ICo empleado en la composición de la masa del concreto con revenimiento de diseño de 120 mm	225
Tabla 50	Comparación de costos unitarios de producción considerando solo materiales en 1 m ³ de concreto con revenimiento de diseño de 100 mm	227

Tabla 51	Comparación de costos unitarios de producción considerando solo materiales en 1 m ³ de concreto con revenimiento de diseño de 120 mm	227
Tabla 52	Valores de resistencia a la rotura por compresión que se hubieran obtenido acertadamente con el "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" sin cambio en la plasticidad del concreto en estado fresco por la influencia del entorno	242
Tabla 53	Resultados de la combinación de los agregados y valores del porcentaje de vacíos obtenidos según combinaciones tras la aplicación de las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz [†] y del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)	246
Tabla 54	Cantidad comparativa diferencial de ahorro en el consumo de cemento tras la aplicación de las metodologías de Vitervo A. O'Reilly Díaz [†] respecto al método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)	247
Tabla 55	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 25 mm, posición 1	456
Tabla 56	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 25 mm, posición 2	457
Tabla 57	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 19 mm, posición 1	458
Tabla 58	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 19 mm, posición 2	459
Tabla 59	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 12,5 mm, posición 1	460
Tabla 60	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 12,5 mm, posición 2	461
Tabla 61	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 9,5 mm, posición 1	462
Tabla 62	Determinación de las características de formas "ø" y "P" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu". Tamaño 9,5 mm, posición 2	463

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Esquema de integración del concreto	17
Figura 2	MACROESTRUCTURA de un concreto poco compacto	19
Figura 3	Modelo simplificado de la estructura de la pasta de cemento, según POWERS	21
Figura 4	Visualización simplificada de la red de poros capilares	22
Figura 5	Poros capilares en el concreto. Visto con microscopio óptico	23
Figura 6	Poros en el concreto visto en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Interior del poro	24
Figura 7	Microgrietas que se forman en las paredes de un poro, observado con el microscopio electrónico de barrido (MEB)	24
Figura 8	Cristales formados por portlandita, constituyendo un reservorio de Ca (OH) ₂ muy importante	25
Figura 9	Fases de sulfoaluminatos cálcicos hidratados (estringita) tapizando las microporosidades	25
Figura 10	Características funcionales del concreto en estado fresco que determina su trabajabilidad	28
Figura 11	Ejemplos de aparatos que permiten medir en términos cuantitativos la consistencia de las mezclas de concreto	31
Figura 12	Intervalos de consistencia de las mezclas con que se elaboran diversos tipos de concreto	31
Figura 13	Estringita. Denominado también SAL DE CANDLOT	57
Figura 14	Evaluación de la forma de las partículas por medio del coeficiente volumétrico	77
Figura 15	PANTEÓN en Roma	101
Figura 16	Faro de EDDYSTONE	101
Figura 17	Torres Petronas, Kuala Lumpur Malasia 1997. Una expresión del uso del Concreto de Alto Desempeño	114
Figura 18	CEMENTO EXTRAFORTE IC _o	118
Figura 19	Definición de formas de partículas en los agregados	168

Figura 20	Reductor de muestras mecánico	171
Figura 21	Reducción de muestras por cuarteo sobre una superficie dura, limpia y nivelada	172
Figura 22	Representación esquemática de tres mezclas de concreto con el mismo revenimiento aparente, pero diferente cohesividad	182
Figura 23	Evaluación de la granulometría del agregado grueso	198
Figura 24	Evaluación de la granulometría del agregado fino	199
Figura 25	Relación entre la combinación porcentual de los agregados gruesos y finos y el porcentaje de vacíos. Metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz	205
Figura 26	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	207
Figura 27	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	207
Figura 28	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	208
Figura 29	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	208
Figura 30	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	209
Figura 31	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de	

	selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	209
Figura 32	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	210
Figura 33	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)"	210
Figura 34	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	211
Figura 35	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	211
Figura 36	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	212
Figura 37	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	212
Figura 38	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	213
Figura 39	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar	

	mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	213
Figura 40	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	214
Figura 41	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	214
Figura 42	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	218
Figura 43	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	218
Figura 44	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	219
Figura 45	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	219
Figura 46	Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	220
Figura 47	Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico –	

	Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	220
Figura 48	Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	221
Figura 49	Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz	221
Figura 50	Comparación porcentual de CEMENTO EXTRAFORTE TIPO ICo empleado con las metodologías de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz respecto a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Revenimiento: 100 mm	226
Figura 51	Comparación porcentual de CEMENTO EXTRAFORTE TIPO ICo empleado con las metodologías de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz respecto a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Revenimiento: 120 mm	226

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

		Página
Fotografía 1	Vista panorámica de la cantera de cerro "Tioyacu"	116
Fotografía 2	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 25 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	547
Fotografía 3	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 25 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	548
Fotografía 4	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 19 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	549
Fotografía 5	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 19 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	550
Fotografía 6	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 12,5 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	551
Fotografía 7	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 12,5 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	552
Fotografía 8	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 9 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	553

Fotografía 9	Partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de 9 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso	554
--------------	--	-----

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

A	Característica "A" del agregado grueso; contenido de aire expresado en porcentaje; densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado; gradación; masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos; masa de la muestra secada en el horno, en gramos; porcentaje de absorción del agregado; porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200) por vía húmeda.
ACI	American Concrete Institute.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
A_b	Absorción.
A_f	Contenido de agregado fino, en kg/m^3 .
A_g	Contenido de agregado grueso, en kg/m^3 .
A_s	Valor del revenimiento medido en centímetros por el método del cono de Abrams.
a	Cantidad de agua en litros.
Å	Angstrom.
B	Gradación; masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto); masa del frasco llenado de agua hasta la marca de calibración, en gramos; masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos; masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos.
C	Contenido de cemento, en kg/m^3 ; gradación; masa del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos; masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos; masa de la muestra superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos.
CSSA	Cementos Selva S. A.
CSN	Norma Técnica Checoslovaca.
C_{abs}	Volumen absoluto de cemento por unidad de volumen del mortero.
c	Cantidad de cemento en kilogramos.
cm	Centímetro o centímetros.
cm^3	Centímetros cúbicos.

D	Diámetro del círculo circunscrito con la máxima longitud, en metro; gradación; masa de la muestra seca en gramos; masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos.
DIN	Norma Técnica Alemana.
d	Diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros; diámetro del círculo de igual superficie que la que tiene a sección del grano investigado, en metro.
e	Épsilon.
F	Factor de medida en m^{-3} (p^{-3}).
f_{cj}	Resistencia a la rotura por compresión del mortero a "j" día de edad.
f'_c	Coefficiente de resistencia a la rotura por compresión de probetas de concreto.
G	Angulosidad; carga máxima de rotura, en kilogramos; masa del recipiente de medida más el agregado en kg (lb).
g	Gramo o gramos; masa de la carga.
g_1	Densidad seca, Mg/m^3 .
g_2	Densidad aparente, Mg/m^3 .
g/cm^3	Densidad.
g/ml	Densidad.
h	Hora.
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
ISO 9001	Norma de Sistemas de Gestión de la Calidad.
ip	Índice de planicidad.
J	Joule.
K	Coefficiente de permeabilidad; coeficiente empírico que caracteriza el valor de la calidad del agregado (parábola de Bolomey); coeficiente empírico prefijado de acuerdo al tipo y graduación de los agregados.
K_1	Constante que depende de la naturaleza de los materiales, de la edad y de las condiciones de curado.
Kg/cm^2	Unidad de presión o esfuerzo.
Kg/cm^3	Unidad de densidad.
Kg/m^3	Unidad de densidad.
L	Litro o litros; coeficiente de alargamiento.
lb	Libra.

log	Logaritmo.
lb/p ³	Unidad de densidad.
M	Densidad de masa del agregado en kg/m ³ (lb/p ³); masa de la muestra de ensayo; volumen absoluto de agregado fino por unidad de volumen de mortero.
MEB	Microscopio electrónico de barrido.
M _{SSS}	Densidad de masa en la condición de Saturado Superficialmente Seco, en kg/m ³ (lb/p ³).
M ₁ y M ₂	Valores dependientes de la consistencia del concreto.
m	Metro o metros.
mg	Miligramo.
mL	Mililitro.
mm	Milímetro o milímetros.
m ³	Metros cúbicos.
NB	Norma Técnica Británica.
NBN	Norma Técnica Belga.
NFP	Norma Técnica Francesa.
NTP	Norma Técnica Peruana.
n	Cantidad de aristas en la sección del grano, en los cuales $r < R$.
nm	Nanómetro. Unidad de medida de longitud (1 nm = 10 ⁻⁹ m).
Os	Coefficiente de volumen.
P	Coefficiente de redondez; contenido de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje; porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla.
P _{AG}	Masa total de los agregados.
PEC	Peso específico corriente.
PUC	Peso unitario compactado.
PUS	Peso unitario suelto.
PEC _m	Peso específico corriente o aparente de la mezcla de los agregados.
PEC _{AF}	Peso específico corriente o aparente del agregado fino.
PEC _{AG}	Peso específico corriente o aparente del agregado grueso.
P ₁	Masa seca de la muestra original, en gramos.
P ₂	Masa seca de la muestra ensayada, en gramos.

P*	Factor de redondez.
pH	Unidad de medida de la alcalinidad o acidez de una solución.
ppm	Partes por millón.
pulg	Pulgada.
R	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado; radio mayor del círculo inscrito en la sección transversal del grano, en milímetros.
RPM	Revoluciones por minuto.
R _e	Resistencia a la rotura por compresión en kilogramos por centímetro cuadrado.
R _c	Resistencia del cemento en MPa.
R _h	Resistencia a la rotura obtenida del concreto de prueba.
r	Radio de redondez de las aristas en el plano de la sección de los granos, en milímetros.
S	Área superficial del grano investigado; gravedad específica de masa (base seca); masa de la muestra de saturado superficialmente seca, utilizado para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica).
SSD	Densidad relativa (gravedad específica) de masa promedio de agregados finos y gruesos combinados.
SSD _f	Densidad relativa (gravedad específica) del agregado fino.
SSD _g	Densidad relativa (gravedad específica) del agregado grueso.
T	Masa del recipiente de medida en kg (lb).
T. M. N.	Tamaño máximo nominal.
UTM	Universal Transverse Mercator.
V	Valor dependiente de la relación agua – cemento; volumen; volumen de la medida en m ³ (p ³).
V _C	Volumen de cemento.
V _{AG}	Volumen de los agregados grueso y fino en litros.
V _{AGUA}	Volumen del agua en litros.
V _{VACÍO}	Volumen de poros en litros.
W	Contenido de agua, en kg/m ³ ; densidad del agua, 998 kg/m ³ (62,3 lb/p ³); masa de la muestra seca en gramos.
w	Relación agua – cemento.
%AF	Porcentaje del agregado fino en la mezcla.

%AG	Porcentaje del agregado grueso en la mezcla.
β	Índice de forma.
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius.
$^{\circ}\text{F}$	Grados Fahrenheit
γ	Densidad del agua, Mg/m^3 ; densidad del cemento.
γ_{AF}	Peso específico del agregado fino.
γ_{AG}	Peso específico del agregado grueso.
γ_{C}	Peso específico del cemento.
ρ	Densidad del concreto fresco, en kg/m^3 .
μm	Micrómetro. Unidad de medida de longitud.
ψ	Esfericidad estereométrica; factor de esfericidad.
π	Pi.
ϕ	Esfericidad plana.
ϕ^{-1}	Valor inverso de la esfericidad.

Porque ¿quién de vosotros queriendo edificar una torre, no se sienta primero y calcula los gastos, a ver si tiene lo que necesita para acabarla?

No sea que después que haya puesto el cimiento, y no pueda acabarla, todos los que lo vean comiencen hacer burla de él, diciendo: Este hombre comenzó a edificar, y no pudo acabar.

(LUCAS 14, 28 – 30)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín con fines de titulación profesional como Ingeniero Civil. Su impulso ha servido para efectuar un análisis comparativo de concretos bajo la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y técnicas de diseño "Vitervo A. O'Reilly Díaz", con cuyos resultados se espera contribuir con la Tecnología del Concreto local para su avance y mejora, sin dejar de mostrar el deseo de que estos nuevos conocimientos sean aplicados con el rigor que en esta tesis queda manifestada para los beneficios de nuestra región y de nuestro país.

Este trabajo se ha realizado desplegando preliminarmente un análisis sobre nuestra sociedad que hoy en día distingue, elige y cubre muchas necesidades para su desarrollo económico, y que para lograrlo no tiene otra opción que es la de utilizar (en el caso particular de la industria de la construcción) los agregados disponibles sin dejar de ahorrar al máximo el cemento con las condiciones tecnológicas que se posean sin requerir de nuevas inversiones en tecnologías y sin dejar de exigir en el concreto las garantías de resistencia mecánica y de durabilidad desde el proporcionamiento. Guiado con este motivo, esta investigación se ha desarrollado usando agregados calizos con certificación de calidad y aplicando tras la revisión bibliográfica la metodología del Comité 211.1 del American Concrete Institute y las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz, para después efectuar la concerniente comparación estadística para probar la validez de los resultados obtenidos.

Como resultado de este estudio comparativo, se tiene que las metodologías del Dr. Sc. Vitervo A. O'Reilly Díaz muestran acertadas resistencias a la rotura con ahorros considerables de cemento en la producción de concretos, así como concretos trabajables, más compactos y menos porosos, los cuales no dependen del principio de la granulometría de los agregados ni de la restricción al uso de agregados con partículas de formas inadecuadas, sino que dependen del rigor con que se realicen los ensayos para obtener la combinación óptima de los agregados, la cantidad de agua necesaria para la consistencia requerida y la característica de forma de los agregados que se usen en la mezcla de concreto. La validación de la hipótesis de este trabajo de investigación se logra con el análisis crítico comparativo.

Finalmente, se tiene el hecho de que si es posible obtener mezclas de concretos con un mínimo volumen de vacíos entre las partículas de los agregados y con un mínimo contenido de pasta de cemento sin dejar de obtener las propiedades deseadas en el concreto y sin la necesidad de tratar con procesos convencionales de práctica general basados en el principio de la granulometría ideal.

Palabras claves: Diseño comparativo de concretos, técnicas de diseño, combinación óptima de los agregados, volumen de vacíos, característica de forma de los agregados, resistencia, durabilidad, concreto de alto desempeño, consumo de cemento.

El autor.

ABSTRACT

The following research work was carried out in the Professional School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín for purposes of professional qualifications as Civil Engineer. Its impulse has been used to perform a comparative analysis of concrete under the technique design "Standard practice of selection on proportions of concrete of normal, heavy and massive weight (ACI 211.1)" and design techniques "Vitervo A. O'Reilly Diaz", Whose results are expected to contribute to the local Concrete Technology to advance and improve, while showing the desire that these new knowledge could be applied with the rigor that this thesis is manifested for the benefits of our region and our country.

This work has been carried out preliminarily by presenting an analysis about our society that today distinguishes, chooses and covers many needs for its economic development, and that to achieve this it has no other option than to use it (in the particular case of the Construction) the available aggregates while still saving the cement to the maximum with the technological conditions that are possessed without requiring new investments in technologies and without demanding in the concrete the guarantees of mechanical resistance and durability from the proportioning. Guided by this reason, this research has been developed using limestone aggregates with quality certification and applying after the literature review the methodology of the Committee 211.1 of the American Concrete Institute and the methodologies of Professor Vitervo A. O'Reilly Diaz, after carrying out the relevant Statistical comparison to test the validity of the results obtained.

As a result of this comparative study, the Dr. Sc. Vitervo A. O'Reilly Diaz's methodologies show successful rupture strengths with considerable cement savings in the production of concretes, as well as workable concrete, more compact and less Porous surfaces, which do not depend on the principle of aggregate granulometry or the restriction on the use of aggregates with particles of inadequate forms, but depend on the rigor with which the tests are performed to obtain the optimal combination of aggregates, the quantity of water required for the required consistency and shape characteristic of the aggregates used in the concrete mix. The validation of the hypothesis of this research is achieved with comparative critical analysis.

Finally, it is possible to obtain mixtures of concrete with a minimum volume of voids between the particles of the aggregates and with a minimum content of cement paste while still obtaining the desired properties in the concrete and without the necessity of dealing with conventional processes of general practice based on the principle of ideal granulometry.

Keywords: Comparative design of concrete, design techniques, optimum combination of aggregates, volume of voids, shape characteristic of aggregates, strength, durability, high performance concrete, cement consumption.

The author.



I. INTRODUCCIÓN

El autor del presente trabajo, realizó una investigación comparativa de metodologías de diseño de mezclas de concreto, con la finalidad de demostrar que hoy en día sí se puede obtener concretos con un consumo mínimo de cemento y con mejoramientos en las propiedades físicas y mecánicas de éstas así como mayor durabilidad en el tiempo, teniendo presente la "influencia de la característica de forma del agregado grueso" y más no la aplicación del modelo de referencia de la "curva granulométrica ideal".

1.1 GENERALIDADES.

En estos últimos años, en nuestro país se ha venido concretando proyectos de ingeniería de considerable importancia, lo que ha implicado producir descomunales volúmenes de concreto y que por la importante función que desempeña en la estructura, este material requiere de una especial atención, la misma que parte desde la selección de los materiales, procedimientos de diseño de mezcla, su producción, colocación final dentro de las formaletas y su consecutivo curado.

En cuanto a los procedimientos de diseño de mezcla de concreto, cabe decir que hasta hoy en nuestro medio tratamos con metodologías de práctica general instaurados en el modelo de la "curva granulométrica ideal". Poco se sabe de metodologías que en su práctica incluya la influencia de la plasticidad del concreto en estado fresco de manera directa y al mismo tiempo aceptan el uso (por escasez o carencia) de agregados que no tienen granulometría adecuada o más aun de agregados con contenidos del 16 % al 31 % de partículas de forma inadecuada pero sin embargo han concedido lograr resistencias necesarias a lo prefijado en los concretos, con un consumo mínimo de cemento y con mejoramientos en las propiedades físicas y mecánicas de éstas así como mayor durabilidad en el tiempo.

El objeto de esta investigación es mostrar tras resultados de laboratorio los beneficios de metodologías de mezclas de concreto que no están basadas en los modelos de la granulometría ideal para su pronta aplicación en nuestra sociedad. Para esto, se trazó como objetivo, el desarrollo de un análisis comparativo con nivel científico y experimental, sobre concretos normales fabricados sin aditivo de acuerdo con la metodología "Práctica estándar

de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y a las metodologías de "Vitervo A. O'Reilly Díaz", usando agregados calizos (fino y grueso con T. M. N. de 1") certificados y producidos por la industria cementera "CEMENTOS SELVA".

Metodológicamente, las mezclas de concreto se hicieron respetando los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones y de las Normas Técnicas Peruanas relacionadas a ensayos en suelos, agregados y concreto. En cuanto a las metodologías aplicadas, cabe indicar que se respetó las directivas de cada autor, es decir, no se usó parte de una para ser usada en otra. Asimismo, para el diseño de mezclas de concreto se valoraron dos parámetros de entrada para hacer la investigación, siendo éstos los revenimientos que más se manipulan (10 y 12 centímetros medidos con el cono de Abrams) y las resistencias a la rotura por compresión de los concretos que más se utilizan en la ejecución de construcciones en nuestro medio (140 kg/cm^2 , 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 y 245 kg/cm^2). Del mismo modo, se fabricaron 232 probetas cilíndricas de concreto de 15 x 30 cm, de las cuales 216 fueron para medir a los 28 días el esfuerzo a la rotura por compresión y 16 fueron para medir la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido. Estas probetas fueron realizadas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín de la ciudad de Tarapoto.

Para finalizar, cabe señalar que esta tesis presenta ocho capítulos, y se aborda de lo más general a lo más específico.

En el primer capítulo, se presenta el pensamiento esencial de la necesidad de desarrollar este trabajo, la misma que está sustentada en nuestra realidad.

En el segundo capítulo, se indican los antecedentes, el planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver; así como los objetivos, la justificación y la delimitación de la investigación, para posteriormente concretar el marco teórico con trabajos de investigación que se anteponen a nuestro estudio comparativo. Aquí, las teorías y las referencias nos permiten observar el por qué y el cómo de este trabajo, para luego trazar la hipótesis.

En el tercer capítulo, se describen los materiales y métodos usados en el presente trabajo; así como el tipo y el nivel de la investigación, el universo y la muestra, el sistema de variables, el diseño experimental, el diseño de instrumentos (el cual está relacionado a la descripción de ensayos practicados para la valoración de la calidad de los agregados, a la mezcla de los agregados, el diseño de mezclas de concreto y a la descripción de ensayos practicados en mezclas de concreto fresco y concreto endurecido) y las técnicas estadísticas para el proceso de la información.

En el cuarto capítulo, se enseña mediante cuadros y gráficos los resultados conseguidos en cuanto a las características (físicas, mecánicas, químicas y característica "A" del agregado grueso), calidad y combinación porcentual de los agregados para la posterior composición de la masa del concreto conforme a las metodologías a ser aplicadas para la fabricación y posterior rotura de probetas; así como la densidad, el aire atrapado, el volumen de poros permeables y la comparativa de cemento empleado en la composición de masas de concreto.

En el quinto capítulo, se analizan y se discuten los resultados hallados.

En el sexto capítulo, se muestran las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de investigación.

El séptimo y octavo capítulo, se exhiben los informes bibliográficos estudiados y los anexos respectivos.

1.2 EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN.

Hasta hoy en nuestro medio, la selección de las proporciones del concreto se continúa tratando con procesos convencionales de práctica general instauradas en el deseo de que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas sea mínimo, esto con la finalidad de tener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto (**Rivva, E. 1992**).

No obstante ante lo último y a contracara, se afirma que no existe una granulometría total que sea la más adecuada para todas las condiciones de obra; asimismo, la experiencia de muchos investigadores ha conllevado a manifestar que la granulometría ideal no existe (Rivva, E. 1992), y que en la práctica uno de los problemas fundamentales de diseño de mezclas es determinar aquella combinación de agregado fino y grueso que posibilite optimizar las propiedades de consistencia, trabajabilidad, resistencia, compacidad y durabilidad.

A lo mencionado, sumamos la parca atención a la forma irregular de las partículas de los agregados (partículas planas y alargadas) los que desde el punto de vista de los códigos tecnológicos generales han sido considerados como costosamente negativos para la producción de concreto.

Estas circunspecciones han sido tomados por el profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], y que tras muchos años de investigación ha puesto a nuestras deferencias, nuevos métodos científicos para dosificar mezclas de concreto, los cuales han partido de lograr la máxima aglutinación de su masa mediante experimentación directa, los que con las comprobaciones respectivas, ha demostrado que las técnicas tradicionales para determinar la relación óptima entre los agregados grueso y fino, no son válidas para conseguir una máxima compacidad, como punto de partida fundamental para el logro de dicho objetivo. De la misma forma, estas nuevas técnicas han demostrado la obtención de mayores resistencias mecánicas, baja permeabilidad, mayor resistencia a la corrosión y a la abrasión, menor exudación y menor segregación en su colocación, así como menor deformación lenta del concreto en su estado endurecido. Igualmente, han quedado demostradas sus óptimas posibilidades para la obtención de concretos de alta resistencia, razón por el cual se le ha considerado como un "método para dosificar concreto de elevado desempeño".

La intención fundamental del presente proyecto de investigación, es demostrar tras análisis comparativo: a) la influencia del conjunto de estos factores en la calidad final de los concretos a preparar empleando agregados de nuestra región u otra región de nuestro país con características y propiedades no reglamentadas; y b) su durabilidad y su influencia cuantitativa en el consumo de la pasta de cemento, que es la que en definitiva aporta la

porosidad a la masa del concreto y por ende influye en la durabilidad de él y del acero de refuerzo.

Las ecuaciones que usarse en la presente tesis para el cálculo de la resistencia del concreto a la compresión posibilitarán en cada condición, determinar con buena exactitud los valores necesarios para calcular la composición de la mezcla de concreto, a través de una forma asequible a los profesionales – técnicos que trabajan en obras y en las plantas de premezclados y prefabricados de concreto.

Aquí se usarán dos (02) metodologías muy comprensibles y racionales del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] cuyos resultados se confrontarán con los resultados del método convencional más empleado en nuestro medio denominado "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". En la aplicación del primer método del profesor Vitervo O'Reilly Díaz (Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia), el resultado final dependerá del rigor con que se realicen los ensayos.

En la aplicación de su segundo método (Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos), se partirá de las características específicas de las partículas de los agregados a estudiar en la presente tesis, tales como la esfericidad estereométrica y la redondez de cada una de ellas, con las cuales llegaremos a una expresión que posibilite calcular con exactitud la característica deseada, sin que otros factores ajenos a ellas puedan influenciarla. Esto garantizará poder determinar la característica de forma de los agregados en muy poco tiempo, a diferencia del primer método enunciado que requiere esperar como mínimo de 28 días.

1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.

Lo cursado en este trabajo, descubre sus inicios en el hecho de no tener en nuestro medio, información relacionada a metodologías que permitan en el concreto el logro de resistencias necesarias a lo prefijado sin dejar de ofrecer mejoramientos en las propiedades físicas y mecánicas y mayor durabilidad en el tiempo con un mínimo de consumo en cemento frente a lo acostumbrado tras el manejo de agregados con características y propiedades no

reglamentadas, más concretamente, con agregados que no gozan de granulometrías apropiadas o con agregados con contenidos considerables de partículas de forma inadecuada.

Para el desarrollo de esta investigación comparativa se optó por el uso de materiales certificados. No se empleó aditivos. El cemento manejado fue el CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland Compuesto) cuyo peso específico y resistencia a la compresión a los 28 días son correspondientemente 3,02 y 341 kg/cm². Los agregados grueso y fino empleados procedieron de la cantera de cerro "Tioyacu", los cuales son de origen calizo y los produce bajo certificación ISO 9001 la industria cementera "CEMENTOS SELVA".

Cabe exteriorizar, que la elección de estos agregados se basó en el hecho de no apreciar desventajas en los resultados de la metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" ante las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] por granulometrías inadecuadas o por presencia de altos contenidos de partículas de formas inadecuadas.

Asimismo, el desarrollo de esta investigación se llevó básicamente en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín de la ciudad de Tarapoto. Estudios complementarios se desarrollaron en laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería de la ciudad de Lima, en el laboratorio de la Estación Experimental del Proyecto Especial Alto Mayo de la ciudad de Nueva Cajamarca, en el laboratorio de la Empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba y en las instalaciones de la Planta de Concreto Premezclado de "Cementos Pacasmayo" cuya administración está dirigida por DINO SELVA de la Zonal de Tarapoto.

Reúne subrayar, que en las instalaciones del laboratorio de la Empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba, se llevó a cabo tandas de ensayo para no solo observar en 20 litros de mezcla la influencia de la plasticidad del concreto en estado fresco en forma directa teniendo en cuenta la temperatura del entorno, sino también, ejecutar tomas de densidades después de la cuantificación prefijada y corregida como cuantificación experimental del agua para la obtención de los revenimientos de diseño. Aquí la trabajabilidad, la cohesión y la segregación fueron observadas tras tandas homogéneas batidas a mano en recipientes

metálicos no absorbentes a distintos tiempos (a uno, cinco y quince minutos). En las tandas de ensayo se evitó el manejo de mezcladoras mecánicas porque éstos no permiten medir la real trabajabilidad a través de la cuantificación del agua de las mezclas de prueba.

Las metodologías de diseño de mezclas de concreto aplicadas en este estudio comparativo, se desarrollaron respetando los lineamientos de cada autor, valorando al inicio de cada proceso dos parámetros de entrada, los cuales son: a) los revenimientos que más se tratan en las obras tanto públicas como privadas (10 y 12 centímetros medidos con el cono de Abrams) y b) las resistencias a la rotura por compresión de los concretos que más se utilizan en la producción de construcciones en nuestro medio (140 kg/cm^2 , 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 y 245 kg/cm^2). En la fabricación de las 232 probetas cilíndricas de 15 cm x 30 cm, la composición de las masas de las mezclas de concreto, también se hicieron a mano observando la influencia de la temperatura del entorno.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.

2.1.1 Antecedentes del problema.

Después de profundos razonamientos y comparaciones sobre procesos de dosificación de concretos habitualmente usados (Feret, Füller, Kaplan, Bolomey, ACI 211.1, entre otros), el profesor O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), observó un común denominador en todos ellos, el cual fue la marcada preferencia a la constitución granulométrica de las partículas de los agregados sin tener en deferencia la relativa a la forma de dichas partículas.

Este planteamiento implicó el cuestionamiento de los métodos de dosificación arriba anunciados, especialmente, para la producción de concretos con agregados que exponen una elevada proporción de fracciones geoméricamente no adecuadas, en los que resulta vital la "INFLUENCIA DE LA CARACTERÍSTICA DE FORMA DEL MATERIAL" y más no la aplicación del modelo de referencia de la "CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL".

Es así, que tras muchos años de análisis y estudios, experimentación y minuciosa observación, que el profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], ha desarrollado y puesto a punto técnicas científicas de dosificación cuyos resúmenes han permitido no solo salvar inconvenientes, sino también, han permitido fabricar concretos a la "medida" en función de las características reales de los materiales componentes, los cuales han permitido optimizar propiedades de consistencia, resistencia a la rotura, compacidad y durabilidad.

Asimismo, la aplicación de estos métodos científicos han permitido con respecto al requerido por otros alternativos y convencionales, no solo sentir dentro de la industria de la construcción una repercusión económica muy favorable dado al ahorro de cemento manifestado en no menos del 10 por ciento en un metro cúbico de concreto para una resistencia determinada (en muchos países de América, parte de los de Europa y Asia han logrado de un 14 a 16 por ciento como mínimo de ahorro de cemento comparado con lo que da el ACI 211), sino también, una reducción del porcentaje de poros capilares en el concreto resultante, lo que incide muy propiciamente, en la durabilidad del material que será puesto

en servicio durante un tiempo de explotación previsto, sin necesidad de hacerle reparaciones capitales durante su vida útil.

Ante lo exteriorizado, hoy en nuestra sociedad (escenario esencial para la competitividad en que hoy estamos zambullidos y que instituye una de las mayores oportunidades para contribuir con el desarrollo económico y con la pacificación social de nuestro país), se busca sin lugar a dudas extender garantías a la estabilidad global de una obra civil en general puesto que contribuye al reconocimiento de una imagen positiva tanto para las empresas y tanto para los profesionales de la construcción que con responsabilidad ética la otorgan y más específicamente a los ingenieros y arquitectos responsables del diseño y preparación de las mezclas de concreto, pues en últimas, la calidad de su trabajo se verá identificado con el respeto que le manifiestan a la comunidad en general y al individuo en particular, frente al hecho de minimizar el costo imprevisto por reparación y mantenimiento de la obra elaborada en concreto, sean éstas en el campo de la vivienda, las vías de transporte, los sistemas eléctricos, los sistemas de alcantarillados, etcétera.

2.1.2 Planteamiento del problema.

En nuestro medio, las características y las propiedades de los agregados no siempre se adecuan a los métodos de dosificación comúnmente utilizados para confeccionar concretos, debido a que por un lado, los agregados fino y grueso provenientes de canteras tanto de ríos como de cerros tienen granulometrías poco regulares o inadecuadas (inclusive es muy fina cuando procede de cantera de río en el caso de agregado fino), y por otro, la forma de los agregados gruesos también es inadecuada, motivos por los cuales la utilización de la cantidad de cemento para lograr la resistencia necesaria de los concretos es siempre mayor, lo que interviene tanto en el costo de producción y de durabilidad del concreto, como en algunas de sus propiedades físicas y mecánicas.

Los estudios perpetrados en nuestra sociedad en cuanto a la selección de las proporciones del concreto para el desarrollo de la tecnología del concreto local, se han basado y se basan mayormente en la aplicación de las metodologías del Comité 211 del American Concrete Institute, metodologías que si bien es cierto nos ofrecen un punto de partida conservador y científicamente respaldado, nos presentan al mismo tiempo deficiencias por cuanto no están

concebidos para agregados "marginales", es decir, no están pensados para agregados con características y propiedades no reglamentadas. Cabe resaltar, que el principio de este pensamiento (principio común en la Mecánica del Suelo y en la Tecnología del Asfalto) está sujeto a la premisa de que: *"una buena resistencia al esfuerzo cortante depende de la compacidad basada en una buena distribución granulométrica, de la forma y de la resistencia individual de las partículas y del tamaño máximo de ellas"*.

Hoy por hoy y dentro del conjunto de metodologías orientadas al diseño de mezclas de concreto, existen las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], los cuales y bajo la opinión de expertos son metodologías que mejores resultados vienen dando para la dosificación de mezclas de concreto ya que han permitido desarrollar concretos más durables con un consumo óptimo de cemento en función directa de no solo las características reales de los materiales directos, sino también, de las condiciones ambientales de la zona en donde se ubique la obra.

De lo dicho y teniendo en cuenta que nuestro país alberga toda una gama de climas y condiciones ambientales y más aún presenta muchas necesidades para su progreso y paz social, resulta necesario aportar y proponer tras resultados comparativos con metodologías convencionales la usanza de nuevas metodologías que conduzcan de forma determinante a la elaboración de diseño de mezclas eficientes, con calidad y sobre todo que permitan aumentar la durabilidad de las obras que se proyectan y se desarrollan con concreto.

Al vivir esta realidad y en mi posición de egresado de la universidad peruana, es mi querer el de contribuir con el desarrollo científico y tecnológico de nuestra sociedad, por tal razón se espera que este trabajo cumpla su cometido en el sentido de que ésta sirva como un medio de información concisa sobre metodologías que se ajustan más a nuestra realidad en cuanto a la elaboración de mezclas de concreto de mediana y alta resistencia (esta última bajo la definición de concreto de alto desempeño) tras el empleo de agregados con características y propiedades no reglamentadas y que puedan ser incluidos en nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones y en nuestras Normas Técnicas Peruanas.

2.1.3 Delimitación del problema.

En el presente estudio comparativo y después de sus resultados, se pretende introducir en nuestra sociedad nuevas culturas o metodologías de manejo y trabajo del concreto que concedan ahorros significativos en el consumo de cemento tras el uso (por escasez o carencia) de agregados con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales, más específicamente, agregados que no tienen granulometría adecuada o agregados con contenidos del 16 % al 31 % de partículas de forma inadecuada para fines de producción de concreto.

2.1.4 Formulación del problema.

Para desarrollar la presente investigación se ha formulado la siguiente interrogante: *¿En qué medida la aplicación adecuada de las técnicas de diseño de concreto nos permitirán obtener concretos con resistencias necesarias a lo prefijado con menor consumo de cemento, mayor densidad, menor porosidad con agregados de nuestra región u otra región de nuestro país con características y propiedades no reglamentadas, comparando el uso de la "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y técnicas de diseño "Vitervo A. O'Reilly Díaz"?*

2.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.2.1 Objetivo principal

Desarrollar un análisis comparativo, con nivel experimental y científico, sobre concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y a las técnicas de diseño "Vitervo A. O'Reilly Díaz".

2.2.2 Objetivos específicos

Mostrar a razón de ensayos de laboratorio, las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados grueso y fino a emplearse en el presente trabajo de investigación.

Exponer las características físicas y químicas del cemento a emplearse en el presente trabajo de investigación.

Exponer, conforme lo describen sus autores, la secuencia de diseño de los métodos de dosificación a aplicar en el presente trabajo de investigación para concretos con resistencias a la rotura por compresión de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 245 kg/cm² a los 28 días de manufacturado, para revenimientos de 10 y 12 centímetros medidos con el cono de Abrams.

Elaborar mezclas de concretos de acuerdo con los métodos de dosificación a utilizar en el presente trabajo, con las calidades y revenimientos anunciados en función directa de las condiciones ambientales y de las características reales de los materiales directos.

Comparar las resistencias a la rotura por compresión de los concretos confeccionados con las calidades y revenimientos indicados, analizando sus resultados y poniendo en evidencia sus ventajas económicas y técnicas desde el punto de vista del consumo de cemento y de la obtención de concretos más densos y menos permeables.

Determinar la cantidad de materiales y el costo de producción para un metro cúbico (1 m³) de los concretos a ser analizados.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El desarrollo de esta investigación comparativa, se justifica:

Teóricamente, porque se desea sumar al conocimiento de los profesionales consultantes y constructores, maestros de obra y estudiantes de construcción de nivel universitario y técnico con nuevas culturas de manejo y trabajo del concreto normal y de alta resistencia bajo la definición de concreto de alto desempeño.

Metódicamente, porque se busca mostrar y establecer a corto plazo en nuestro entorno, metodologías alternativas que proporcionen beneficios significativos no solo en las resistencias a la rotura por compresión del concreto con un máximo de ahorro de cemento,

sino también, en la densidad y en la porosidad tras la selección de las partes de la mezcla de concreto, esto en función directa de las características reales de los materiales a manipular.

Prácticamente, porque se podrá aprovechar aquellos agregados con partículas y granulometría de forma inadecuada para los fines de producción de concreto con las condiciones tecnológicas que en nuestro medio se posean sin requerir de nuevas inversiones en tecnologías y sin dejar de exigir garantías de resistencia mecánica y de durabilidad desde el proporcionamiento, y por su replicabilidad en cualquier lugar.

Legalmente, porque este trabajo se hizo respetando las metodologías de los autores y las directivas de nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones y de las Normas Técnicas Peruanas relacionadas a suelos, agregados y concreto, este último tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Viablemente, porque el suscrito está premunido de conocimientos necesarios para materializar el presente proyecto, gracias a la formación académica – profesional adquirida. Del mismo modo, se tiene disponibilidad de recursos materiales, económicos, humanos, tiempo y de información.

2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se limitó al desarrollo de un análisis comparativo sobre concretos fabricados con la aplicación del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y con la aplicación de las técnicas de dosificación denominadas "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" y "Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos", estos dos últimos, propios del profesor cubano, Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], para concretos con resistencias a la rotura por compresión de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 245 kg/cm² a los 28 días de manufacturado, para revenimientos de 10 y 12 centímetros medidos con el cono de Abrams.

Del mismo modo, la presente investigación se limitó al empleo del CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland Compuesto) y agregados grueso y fino de regular

gradación, que produce bajo certificación ISO 9001 la industria "Cementos Selva S. A.". Aquí, el agregado grueso presentó como tamaño máximo nominal 25 mm (1 pulg). No se empleó otros materiales cementantes, ni aditivos.

2.5 MARCO TEÓRICO.

2.5.1 Antecedentes de la investigación.

Las condiciones tecnológicas de varios países, entre estos el nuestro, han y siguen generando un consumo desmedido de cemento dentro de la producción de los concretos, consumo que no solo se ha manifestado negativamente en la economía de la producción, sino también, en la afectación de sus propiedades mecánicas más importantes de éste.

Este estado poco favorable ha sido provocado no solo por la inclinación hacia los modelos de la granulometría ideal (resultando éste en la práctica muchas veces inapropiada), sino también, por la forma irregular de los agregados gruesos (este último está referido a la presencia de partículas planas y alargadas), que desde el punto de vista de los códigos tecnológicos generales han sido considerados como costosamente negativos.

Desde el punto de vista de la composición óptima de los agregados se afirma que hasta hoy no se le ha dado toda la atención a la influencia de la forma de la partícula y se parte sólo de su composición granulométrica. Nuestra sociedad, es ente que puede dar fe de lo último manifestado y más aún la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto a través de los trabajos de investigación desarrollados hasta hoy a nivel de tesis (**Meléndez, R. 1996; Panduro, K. H. 1995; Pinchi, E. 1995; Gonzales, J. L. 2003; García, M. 2013**), los cuales exponen procesos de dosificación de mezclas de concreto basados en el método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", el método "Guía para la selección de proporciones de concreto de alta resistencia usando cemento Portland y otros materiales cementantes (ACI 211.4)" y el "Método del agregado global y módulo de finura", este último, apoyado sobre la ecuación de la curva teórica de Bolomey (Parábola de Bolomey), ecuación única que tiene en cuenta entre sus factores componentes el coeficiente empírico

"k" cuyo valor caracteriza la calidad del agregado seleccionado para confeccionar mezclas de concreto.

Las conclusiones y las recomendaciones de dichos trabajos de tesis están gravitadas tras la aplicación del modelo de referencia de la "CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL" y presentan combinaciones de agregados sin acusar si los espacios resultantes entre sus partículas son mínimos, la cual es una condición básica para conseguir una máxima compacidad, como punto de partida fundamental para el logro de tener una mezcla de concreto con un mínimo contenido de pasta y con propiedades deseadas.

A lo declarado, unimos las palabras del ingeniero Enrique Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), el cual dice textualmente: *"que con frecuencia utiliza la Parábola de Bolomey"*, e incluso, *"él ajusta sus mezclas de agregados en varias proporciones con la aplicación de dicha ecuación"*.

Ante estas circunstancias, el profesor O'Reilly Díaz[†] (**O'Reilly, V. A. 2007**) ha dirigido (en no menos de 30 años) trabajos de investigación en agregados de diferentes países en donde sus granulometrías no eran adecuadas y/o presentaban partículas caracterizadas por sus formas irregulares (partículas chatas y alargadas con contenidos marcados entre 16 y 31 por ciento). Tras esta sesuda dirección, el profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] demostró y en todos los casos la influencia de ambas "anomalías" no solo en el porcentaje de vacíos de la mezcla que deseamos obtener manteniendo la consistencia y la energía de compactación constante, sino también, en la resistencia a la rotura por compresión y ocasionalmente en la dosis de cemento, con la consideración de conservar constante la resistencia. Asimismo, otra conclusión exteriorizada en estas investigaciones ha sido que en el diseño de mezclas de concreto que utilizan relaciones agua – cemento menores de 0,40 en su producción, no resulta válida la ecuación de Bolomey como consecuencia del exceso de pasta de cemento, lo que genera una caída de la resistencia a la rotura por compresión de éstos.

A todo esto y mediante un sin número de cuidadosas investigaciones científicas, el antedicho profesor consiguió modificar la ecuación última mencionada (ecuación de Bolomey; ecuación muy difundida internacionalmente), ampliándola con la determinación previa de la característica "A" de los agregados (ampliación no prefijada empíricamente) y con la

introducción de la consistencia de la mezcla de concreto de forma directa, la cual en el caso de las mezclas de baja relación agua – cemento, se manifiesta significativamente y cuya influencia no ha sido considerada en las ecuaciones hasta ahora utilizadas, o solo de manera indirecta.

Estas verificaciones, al profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†] le posibilitó desarrollar nuevas formas de combinar los agregados para la producción de concretos, los que en la aplicación le ha representado un significativo ahorro de cemento y un mejoramiento de sus propiedades en estado fresco y endurecido.

Dos de estas nuevas formas de combinar los agregados para la producción de concretos es la que se empleó en el presente trabajo de investigación. Estas nuevas formas de combinar son conocidas como: "*Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia*" y "*Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos*".

Ambos métodos sirven para manufacturar concretos plásticos y están basados en la determinación correcta de las características de los agregados. Éstas no prefijan condiciones, sino que para cada caso específico determina la característica de los agregados disponibles y de acuerdo a la tecnología de producción, calidad del cemento, transporte y colocación del concreto que se posea, se diseñará la mezcla de concreto exigido.

2.5.2 Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación.

2.5.2.1 El concreto.

Según Rivva López (Rivva, E. 2008), "*el concreto es una mezcla adecuadamente dosificada y se produce con la participación de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados (agregado grueso y agregado fino), a los cuales eventualmente se añade un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo*".

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

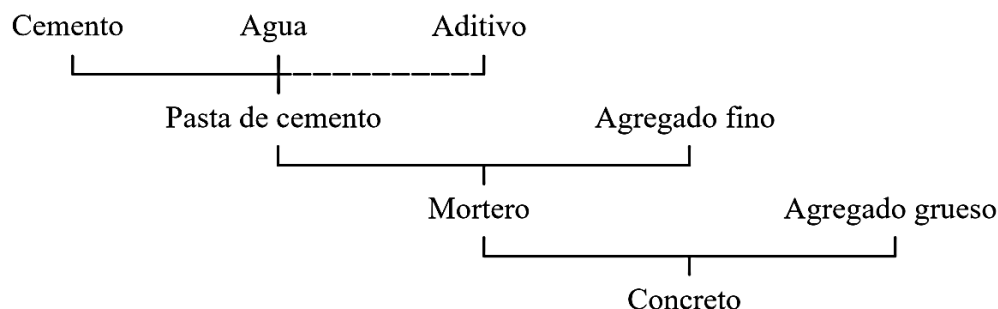


Figura 1: Esquema de integración del concreto. Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (1994).

Si la mezcla no contiene en este caso un aditivo que lo fomente, el aire se presenta en forma de burbujas macroscópicas dispersas erráticamente en la masa y que corresponden al aire atrapado, pero en el caso de que lo contenga, se provoca la formación de aire y se dice que contiene aire incluido intencionalmente con el propósito de inducirle determinadas propiedades deseables como, por ejemplo, incrementar su durabilidad ante las bajas temperaturas.

A diferencia del anterior, el aire incluido adopta la forma de pequeñas burbujas, casi microscópicas y sensiblemente esféricas, que se distribuyen uniformemente en la masa.

La combinación química del agua y el cemento (y eventualmente la de un cuarto elemento) da la pasta como resultado. La pasta es la fase continua del concreto ya que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto, es el medio ligante.

Según Rivva López (**Capítulo Peruano del Instituto del Concreto Americano – ACI Perú. 1998**), *"el agregado viene a ser la fase discontinua del concreto, dado que sus diversas partículas no están unidas o en contacto unas con otras, sino se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida"*.

Estas dos fases se caracterizan por presentar dos estados, el primero que consiste en una estructura plástica con propiedades adhesivas y cohesivas favoreciendo su versatilidad y el segundo cuando a la postre adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que le hace un material ideal para la construcción.

Para aprovechar al máximo todas las bondades del concreto, es necesario entender y dominar el uso de este material, esto implica no solo conocer su comportamiento como producto final, sino también, la de sus componentes y su interrelación tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

2.5.2.1.1 La estructura del concreto.

O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), manifiesta que *"la estructura del concreto está constituida por tres componentes: El agregado, la pasta de cemento hidratada y la zona de transición entre la pasta y el agregado"*.

Del mismo modo, el citado profesor declara que el concreto tiene una estructura altamente heterogénea y compleja por lo que resulta muy difícil de predecir con exactitud y seguridad su comportamiento futuro, conociendo que esta estructura no se mantiene estable, debido a que la pasta de cemento y la zona de transición evolucionan con el tiempo, la humedad y la temperatura que lo rodean.

La estructura del concreto está constituida por los elementos gruesos, que pueden ser distinguidos por el ojo humano (el límite de detección del ojo humano es de 0,2 mm) y se le denomina MACROESTRUCTURA la estructura total, y MICROESTRUCTURA a la que está constituida por los elementos que requieren de la aplicación microscópica para ser observada.

Si partimos del principio en cuanto a que las propiedades del concreto pueden modificarse haciéndole los cambios adecuados a su estructura interna en función de las cualidades que se exigen para hacerlo resistente a la agresión de los agentes externos, se hace necesario conocer primero su microestructura y después otros factores influyentes en sus propiedades finales, para poder ejercer esas acciones de cambios deseados.



Figura 2: MACROESTRUCTURA de un concreto poco compacto. (En esta sección transversal se puede ver y diferenciar las partículas del agregado de diferentes dimensiones y la masa que los aglutina, compuesta por la pasta de cemento hidratada endurecida). Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

La microestructura del concreto.

Según O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), *"es la estructura material en estado sólido generada por el fraguado del cemento y cuyos tamaños son inferiores a 0,2 mm por lo que la microestructura es la fase sólida, en la que el concreto ha logrado un desarrollo mecánico debido al estado avanzado de las reacciones químicas del cemento con el agua, produciéndose una cierta rigidez conferida por los nuevos productos que se generan"*.

Las características de la microestructura del concreto están relacionadas con la porosidad de la pasta del cemento endurecida, la conexión entre los poros, la distribución de sus tamaños, capacidad para el transporte de fluidos, relaciones y equilibrios entre los diferentes productos de la hidratación, la naturaleza de la interfaz entre la pasta hidratada y el agregado, así como otros factores.

Los estudios de la microestructura del concreto pueden llegar a ser muy complejos, en dependencia de lo que se desea lograr.

El estudio de la microestructura del concreto tiene gran importancia para el conocimiento de su durabilidad, en tanto que:

Define el comportamiento mecánico del concreto (resistencia, tenacidad, etcétera).

Dimensiona los procesos de transporte de fluidos en el concreto, lo que repercute en la funcionalidad (impermeabilidad, estanquidad del concreto) y en la durabilidad (acceso de sustancias agresivas a los componentes del concreto).

Define la reología del concreto: Contracción, fluencia, etcétera.

La pasta de cemento hidratada. Su porosidad.

O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), también indica que *"el cemento anhidro al ponerse en contacto con el agua reacciona químicamente, produciéndose una nueva serie de componentes hidratados, dichos componentes se desarrollan en forma tal que establecen una determinada microestructura que se manifiesta por el crecimiento, la ubicación y la relación entre los cristales que se forman"*.

Este fenómeno está en un "equilibrio dinámico" que se transforma con el tiempo, en función del grado de hidratación. Los poros que se generan en esta microestructura se denominan "poros del gel".

Origen de los poros capilares.

Para O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), *"los huecos y espacios que se originan como consecuencia de la separación existente entre las láminas de silicatos cálcicos hidratados (S – C – H) se denominan porosidad del gel. Existe otra parte no cubierta por los productos de la hidratación que dará origen a la porosidad capilar"*.

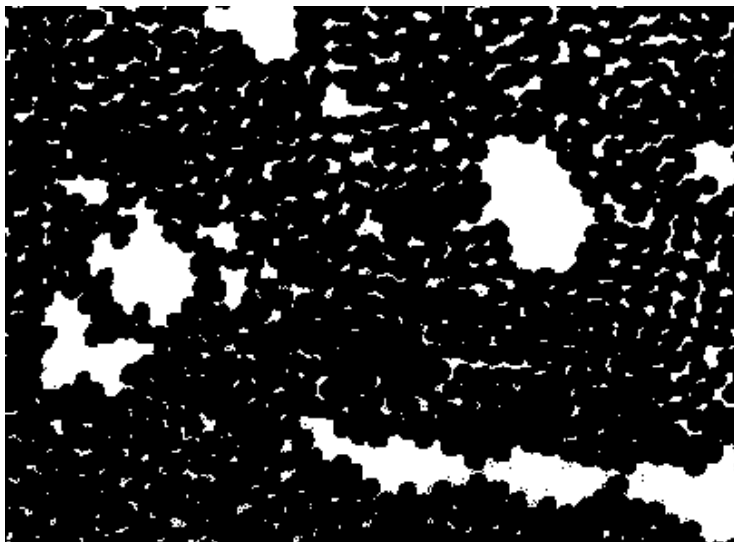


Figura 3: Modelo simplificado de la estructura de la pasta de cemento, según POWERS. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

Los puntos negros representan las partículas del gel.

Los espacios intersticiales entre puntos son poros de gel.

Los espacios en blanco de mayor tamaño son cavidades de aire ocluido.

Se tiene presente que el volumen total del conjunto formado por el agua y el cemento permanece prácticamente constante durante los procesos de hidratación. Asimismo, se tiene que la densidad de los productos hidratados es mucho menor que los anhidros.

Es importante señalar que al existir la necesidad tecnológica de emplear una relación agua – cemento muy superior a la que sería necesaria, desde el punto de vista del conocimiento tecnológico – científico por exigencias de la trabajabilidad se genera un efecto negativo en la microestructura del concreto.

En la fabricación común del concreto, en la que al requerirse su manejo y puesta en obra de forma fácil, se recurre al incremento de cantidades de agua compatible con la trabajabilidad deseada.

El exceso de agua respecto al volumen necesario para la reacción química del cemento el cual es aproximadamente de 23 % de la masa del cemento anhidro, genera una reserva líquida que da origen a espacios y caminos de mayor tamaño, con mayor o menor interconexión en la que el agua se mueve por mecanismos capilares y que en consecuencia da lugar a la formación de la "porosidad capilar".

Además de los huecos anteriores dentro de la masa de materia hidratada que constituye la pasta endurecida, hay otras discontinuidades de mayor tamaño las cuales las motiva la puesta en obra del concreto o el uso de ciertos aditivos en éste.

La estructura de los poros en la pasta de cemento endurecida determina en gran medida la intensidad con que se desarrollan las interacciones del concreto con el medio ambiente que le rodea.

Es necesario tener presente que los procesos destructivos del concreto comienzan en la superficie y se propagan a su interior por los poros capilares y hay que considerar que la superficie interna de los poros es varias veces mayor que la superficie exterior del elemento de concreto, por lo que, el campo de acción de los agentes que generan el deterioro de éste, aumenta considerablemente al crecer su porosidad, lo que está íntimamente relacionado con la relación agua – cemento y otros factores que genera ésta.

Clasificación de la porosidad.

O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), también nos indica que *"además de los sólidos antes descritos, la pasta de cemento hidratada contiene varios tipos de huecos y poros en el interior de su masa que tienen una influencia importante en la estructura del concreto y que lo caracteriza, de acuerdo con sus diferentes formas y tamaño"*.

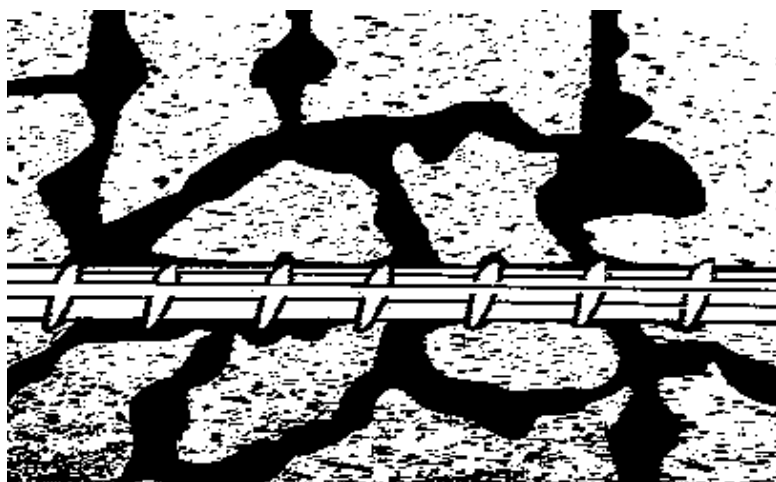


Figura 4: Visualización simplificada de la red de poros capilares. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

Porosidad del gel: Es el espacio que existe entre las diferentes láminas que constituyen los silicatos cálcicos hidratados. La separación de éstas se encuentra según Power, Feldman y Sereda entre 18 Å y 25 Å, y su volumen total es aproximadamente un 30% del volumen de silicatos cálcicos hidratados (S – C – H).

Este tamaño de poros es muy pequeño para tener un efecto adverso en la resistencia y en la permeabilidad de la pasta de cemento hidratada.

Resulta importante saber qué cantidad de agua puede ser retenida en estos pequeños poros, por adhesión del hidrógeno y su remoción bajo ciertas condiciones, que puedan contribuir a la contracción por secado y al flujo plástico.

Porosidad capilar: Los poros capilares son los espacios no llenados por los componentes sólidos de la pasta de cemento hidratada. Su tamaño varía en función de la relación agua – cemento y su grado de hidratación.

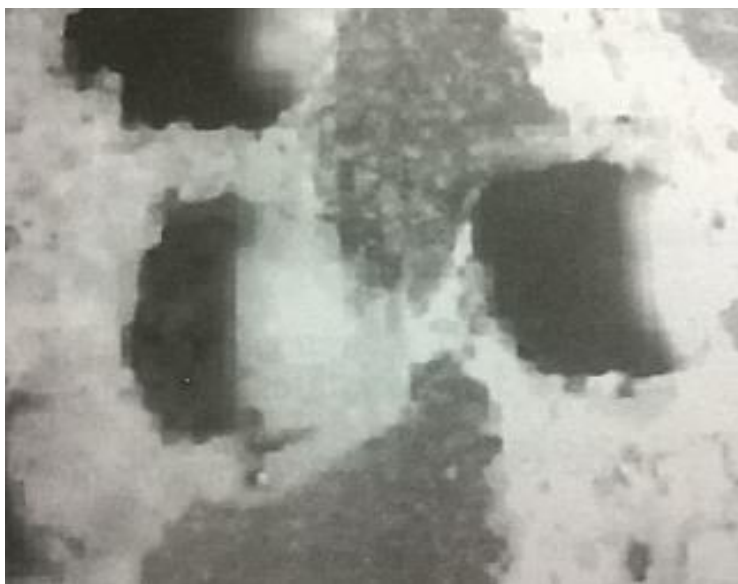


Figura 5: Poros capilares en el concreto. Visto con microscopio óptico. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).



Figura 6: Poro en el concreto visto en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Interior del poro. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).



Figura 7: Microgrietas que se forman en las paredes de un poro, observado con el microscopio electrónico de barrido (MEB). Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).



Figura 8: Cristales formados por portlandita, constituyendo un reservorio de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ muy importante. A diferencia de los casos anteriores esta fase es muy soluble sobre todo en medios muy básicos, lo que constituye un indicador de las condiciones de pH del concreto. Su presencia se vincula frecuentemente al desarrollo de la estringita, si hay aportes de sulfatos. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

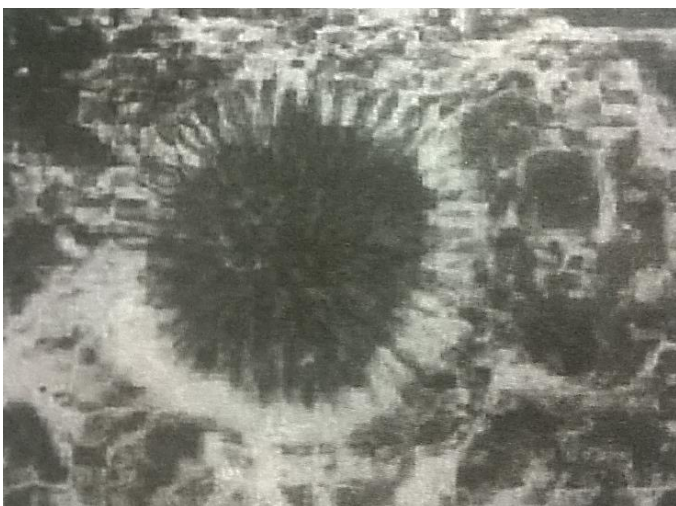


Figura 9: Fases de sulfoaluminatos cálcicos hidratados (estringita) tapizando las microporosidades. Esta fase, al igual que la anterior provoca tensiones en el concreto, microfisurándolo. Estas fases no son fácilmente solubles y su desarrollo viene controlado por el pH de la solución de poro. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

Para relaciones agua – cemento bajas y un grado de hidratación elevado, su tamaño está entre 10 y 50 nm.

Para relaciones agua – cemento altas y grado de hidratación bajos, su tamaño está entre 300 – 500 nm. Estos se corresponderían con el exceso de agua destinada a la trabajabilidad.

Huecos de aire: Volúmenes de aire, con forma muy regular y próxima a la esférica, como consecuencia del uso de aditivos que incorporan aire. Sus tamaños varían entre 50000 y 200000 μm .

Poros generados por el aire atrapado: Son los huecos producidos por el aire atrapado en el interior de la masa de concreto, que aparecen como consecuencia de un procedimiento deficiente de colocación y compactación de la masa de concreto. Su tamaño es superior a 1000000 nm, o sea 1 mm.

Muchos investigadores definen los poros en función de su tamaño, no teniendo en cuenta el origen de estos. Estos se clasifican de la siguiente forma:

MICROPOROS : Los que tienen tamaño inferior a 10 nm.

MESOPOROS : Los que su tamaño está comprendido entre 10 y 50 nm.

MACROPOROS : Los que tienen tamaño superior a 50 nm.

Los **MICROPOROS** y en parte los **MESOPOROS** serían los que contienen el gel. Este tamaño de poros es muy pequeño para tener efectos adversos en la resistencia y en la permeabilidad de la pasta de cemento hidratada y como se ha expresado, son considerados importantes en la contracción por secado y en el flujo plástico del concreto.

De 50 nm en adelante se consideran los **MACROPOROS**, que serían calificados como poros capilares considerados nocivos para la resistencia, la compactación y la impermeabilidad del concreto, por cuanto son los que facilitan la penetración de los agentes externos que acompañando el agua cargada de oxígeno, generan la corrosión en las barras de acero de concreto armado.

Es bien conocido que hay una relación directa entre la compactación y la resistencia de los sólidos pétreos y que también existe una relación inversa entre la porosidad y la resistencia, porque la resistencia reside en la parte sólida de un material, por lo que cualquier tipo de hueco es perjudicial a la resistencia.

La interfaz pasta – agregado.

Según O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), "la interfaz entre la pasta de cemento y el agregado tiene una gran influencia en el comportamiento del concreto, la cual resulta determinante en muchas de sus propiedades más significativas".

Estudios efectuados en este campo han permitido identificar las siguientes características básicas de esta zona de transición:

Produce un aumento de la concentración de agua alrededor del agregado grueso, lo que genera un aumento de la relación agua – cemento en esa zona.

Presenta mayor porosidad que el resto de la masa de pasta de cemento hidratada.

Contiene mayor cantidad de hidróxido de calcio y etringita (sulfoaluminato de calcio) y, además, sus cristales tienen orientaciones preferentes respecto a la superficie del agregado.

Aumenta notablemente la microfisuración en las proximidades de los agregados.

La mayor concentración del hidróxido de calcio (Portlandita), el elemento más soluble y poroso de los producidos en el proceso de hidratación del cemento va acompañada por una orientación preferente de los cristales. Estos se alinean de forma que sus placas hexagonales se colocan sensiblemente paralelas a la superficie más próxima del agregado, lo que favorece la formación preferente de microfisuración tangencial a dicha interfaz. Por otro lado, esta región es la que sufre con mayor intensidad cualquier estado tensional, ya sea como consecuencia de la acción de cargas externas o debidas a movimientos de naturaleza térmica o higrométrica. En cualquier caso, se producen contradicciones puntuales de tensiones que facilitan la aparición de microfisuras en la interfase.

2.5.2.1.2 El concreto en estado fresco y sus propiedades.

Trabajabilidad.

El ingeniero Rivva López (**Rivva, E. 1992**), revela que la trabajabilidad "es aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser mezclado, 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".

Acorde con la "GUIDE FOR CONSOLIDATION OF CONCRETE" (**ACI 309 – Reaprobado. 1996**), hay tres principales características funcionales del concreto en estado fresco que determinan su trabajabilidad, características que a continuación no solo se describen de manera sucinta, sino también, se presentan a través de la siguiente figura.

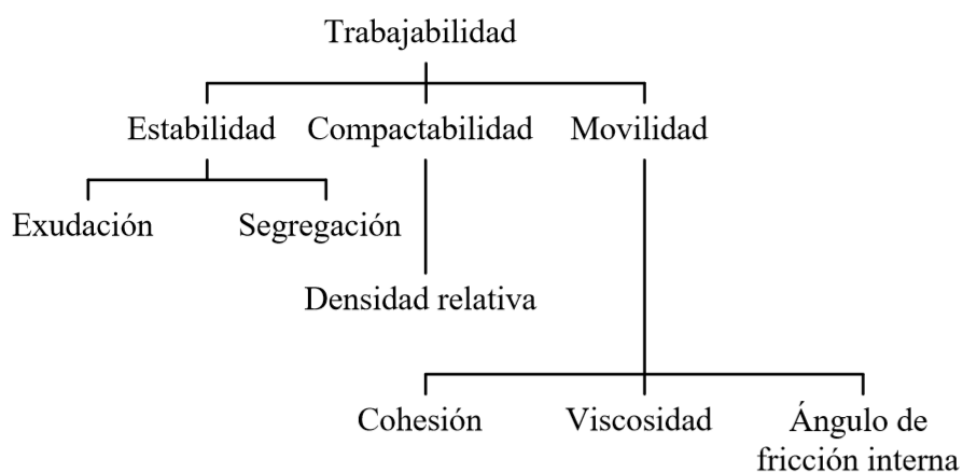


Figura 10: Características funcionales del concreto en estado fresco que determinan su trabajabilidad. Fuente: Comité ACI 309 – Reaprobado (1996).

Estabilidad: Esta característica, se refiere a la resistencia que las mezclas oponen para segregarse y exudar agua (sangrado); en otras palabras, representa su disposición para conservarse homogéneas.

Compactabilidad: Esta característica, corresponde a la facilidad con que las mezclas de concreto permiten la remoción del aire atrapado durante el moldeo, a fin de lograr un alto grado de compacidad en el concreto endurecido.

Movilidad: Esta característica, representa la aptitud de las mezclas de concreto para deformarse y fluir; cuya característica depende de la cohesión, viscosidad y ángulo de fricción interna del concreto fresco.

Consistencia (cohesión y viscosidad).

Según O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), *"es la propiedad más significativa del concreto en estado fresco y al mismo tiempo un factor que influye en sus propiedades cuando endurece"*. Asimismo, O'Reilly Díaz expone que la consistencia del concreto fresco es tomada en cuenta, según:

Exigencia del proyecto estructural (forma y tamaños de las secciones de los distintos elementos estructurales, cantidad de acero, etcétera).

Recursos de equipos y herramientas que se emplearán para su colocación en obra (cubos, bombas, bandas transportadoras, carretillas, etcétera).

Calidad del acabado que exige la superficie del concreto de la obra.

Características climáticas ambientales que rodean la obra (temperatura, viento, intensidad del sol, humedad, etcétera).

Rivva López (Rivva, E. 1992), declara que *"la consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de esta; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación"*.

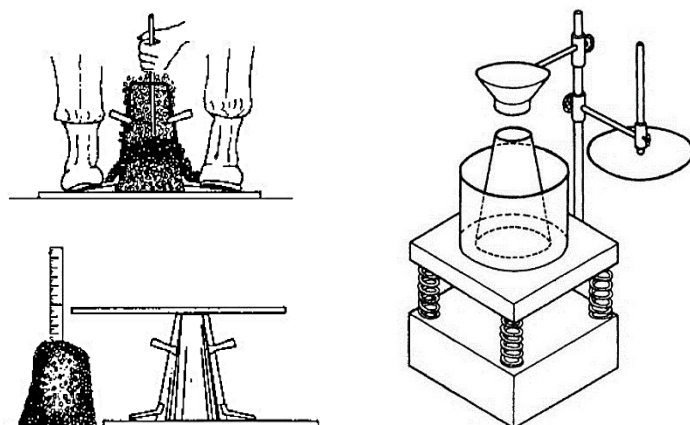
En su definición de términos, el **Comité ACI 116 "TERMINOLOGÍA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN"**, identifica *"la consistencia del concreto recién mezclado como su relativa movilidad para fluir, y admite que la manera más usual para evaluarla es por medio de la prueba de revenimiento"*. Por su parte, el Comité ACI 309 (**ACI 309 – Reaprobado. 1996**) "GUIDE FOR CONSOLIDATION OF CONCRETE", opina que *"la consistencia de las mezclas de concreto es una característica que se relaciona principalmente con el tercer aspecto de la trabajabilidad, definido como movilidad, pero también considera que esta característica determina la facilidad con que una mezcla puede ser compactada, es decir, que también tiene relación con el segundo aspecto de la trabajabilidad, designado como compactabilidad"*.

Capitula observar, entonces, que en ningún caso se asocia la consistencia de las mezclas de concreto con el aspecto de su estabilidad o aptitud para conservarse homogénea. La disposición que una mezcla de concreto ofrece para deformarse y fluir, corresponde al aspecto de movilidad, el cual depende significativamente de la cohesión y la viscosidad plástica de la mezcla como fluido de Bingham.

La cohesión, que se identifica con el esfuerzo de cedencia, representa en cierto modo la resistencia que la mezcla opone para deformarse e iniciar el flujo, en tanto que la viscosidad plástica da noción de la facilidad y rapidez con que la mezcla puede fluir, una vez rebasada la cohesión e iniciado el movimiento. Entonces desde un punto de vista técnico, es deseable que las mezclas de concreto fluyan con facilidad, pero permaneciendo homogéneas. Sin embargo, los requerimientos para que se cumplan estas dos condiciones siguen tendencias contrarias, pues al aumentar la movilidad de las mezclas de concreto disminuye su posibilidad de permanecer homogéneas, de manera que lo conveniente es optimizar ambos requerimientos, en correspondencia con las necesidades específicas del trabajo en obra.

Aceptando que la característica del concreto fresco que se ha dado en llamar CONSISTENCIA, es representativa de la resistencia que éste opone para deformarse y fluir, puede hablarse entonces de grados de consistencia valorables en función de dicha resistencia a la deformación y flujo. Sin embargo, debido a que no hay un procedimiento de aceptación general para medir cuantitativamente esta resistencia, en el ejercicio habitual se recurre normalmente a dos modos para expresar los grados de consistencia de las mezclas de concreto:

En términos descriptivos, basados en la apariencia de la mezcla de concreto y en el comportamiento que exhibe al ser manipulada. En tal caso se dice que una mezcla es de consistencia fluida, plástica o dura, con sus correspondientes calificativos intermedios o superlativos. *En términos cuantitativos, expresados con base en los resultados de alguna prueba específica, de uso más o menos común.* Por ejemplo, en muchas especificaciones de construcción, la consistencia de las mezclas de concreto suele definirse en centímetros de revenimiento con el cono de Abrams, en segundos de compactación con el aparato Vebe, etcétera.



El "cono de Abrams"

El "aparato Vebe"

Figura 11: Ejemplos de aparatos que permiten medir en términos cuantitativos la consistencia de las mezclas de concreto. Fuente: ACI Perú (1998).

En la Figura 12, se presenta un esquema con la escala de los grados de consistencia relacionados gráficamente con los datos de las pruebas del cono de asentamiento o revenimiento (o cono de Abrams) y del aparato de Vebe.

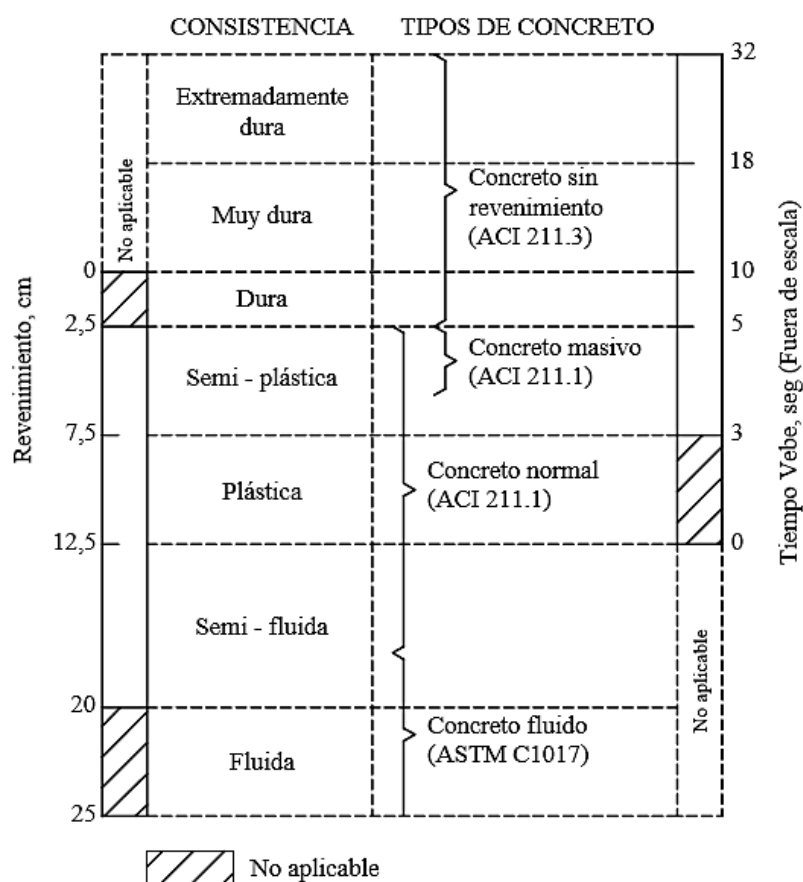


Figura 12: Intervalos de consistencia de las mezclas con que se elaboran diversos tipos de concreto. Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (1994).

En la figura mostrada, se acotan los intervalos aproximados de consistencia con que normalmente se producen los tipos de concreto cuyo empleo es más frecuente, y que, en orden ascendente en la escala de consistencia, son:

Concreto fluido, que según la especificación ASTM C1017, es el concreto que se produce mediante la incorporación de aditivos plastificantes, para dar un revenimiento mayor de 19 centímetros sin perder su naturaleza cohesiva. Es decir, este tipo de concreto queda ubicado en la zona de consistencia fluida.

Concreto normal o convencional, el informe del ACI 211.1 considera para el diseño de estas mezclas, revenimientos medios que pueden variar entre 2,5 y 17,5 centímetros aproximadamente; en consecuencia, abarca las zonas de consistencia semi – fluida, plástica y semi – plástica.

Concreto masivo, para este tipo de concreto, el mismo informe del ACI 211.1 recomienda revenimientos medios comprendidos entre 2,5 centímetros y 5,0 centímetros aproximadamente. Por consiguiente, le corresponde ubicarse en la zona de consistencia semi – plástica, principalmente.

Concreto sin revenimiento, en este tipo de concreto y de acuerdo con el informe ACI 211.3, se utilizan mezclas con un revenimiento máximo de 2,5 centímetros; por lo tanto, le corresponde ser trabajado con las consistencias identificadas como dura, muy dura y extremadamente dura.

La prueba estándar de asentamiento o revenimiento (NTP 339.035), es un ensayo prácticamente estático en el que la muestra de concreto se deforma exclusivamente por efecto de la reducida energía potencial de la propia muestra.

Este tipo de prueba solo resulta aplicable sobre concreto normal o convencional (mezclas de consistencias semi – fluida, plástica y semi – plástica, es decir, corresponde a valores comprendidos entre 2,5 y 20 centímetros).

No es representativo con morteros ni con concretos hechos con agregado grueso de tamaño máximo mayor a 2 pulgadas.

En la Tabla 1 se exponen los asentamientos máximos recomendables para diferentes tipos de construcciones de concreto normal o convencional, conforme a los lineamientos exteriorizados por el Comité ACI 211.1 (**ACI 211.1 – Reaprobado. 1997**) relacionados principalmente con estructuras de carácter general.

Tabla 1

Valores recomendados del revenimiento para varios tipos de construcción, dados por el Comité ACI 211.1.*

Tipo de construcción	Rango del revenimiento	
	mm	pulg
Muros con cimentación reforzada y zapatas	20 – 80 [†]	1 – 3 [†]
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	20 – 80 [†]	1 – 3 [†]
Vigas y muros reforzados	20 – 100 [†]	1 – 4 [†]
Columnas de edificios	20 – 100 [†]	1 – 4 [†]
Losas y pavimentos	20 – 80 [†]	1 – 3 [†]
Concreto en masa	20 – 80 [†]	1 – 3 [†]

* El revenimiento puede aumentar cuando se usan aditivos químicos, a condición de que la mezcla de concreto tratada tenga la misma o inferior relación agua – cemento o relación agua – material cementoso sin presentar sangrado excesivo o segregación potencial.

[†] El límite más alto del revenimiento se puede incrementar a 20 mm (1 in) para compactación manual.

Fuente: ACI Committee 211.1 – 91 (Reapproved 1997).

Compacidad (densidad relativa).

Según Rivva López (**Rivva, E. 2006**), "la compacidad es la capacidad de acomodamiento que tienen las partículas de los ingredientes sólidos que lo componen y se define como la cantidad de materiales sólidos (en volumen absoluto) por unidad de volumen del concreto.

La compactación depende de la calidad y cantidad de los ingredientes del concreto. Puede verse afectada por la segregación, en el estado plástico. La correcta distribución de sus componentes, a través de la masa, es importante para mantenerlo tan sólido como sea posible".

Además, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**) manifiesta que para evitar deficiencias en la masa del concreto endurecido (masa porosa e incluso cavernosa y con adherencia no adecuada al acero de refuerzo), el concreto debe someterse en su estado fresco a la acción de fuerzas que lo deformen y hagan fluir más que lo indispensable para no segregarlo hasta adquirir la forma del espacio cimbrado, reduciendo al mínimo su porosidad y dando a las superficies en contacto con las cimbras el aspecto y la textura que corresponda al material con el que éstas se hallen construidas.

Al hecho de aplicar estas fuerzas que son capaces de vencer la cohesión de la pasta y convertirla transitoriamente en un flujo newtoniano, se le denomina compactar el concreto, y una de las finalidades básicas de la compactación del concreto consiste en lograr que éste alcance la máxima compactación que sea prácticamente posible en las condiciones de obra y de acuerdo con las características de las mezclas que se utilicen.

Del mismo modo, el citado Instituto de Ingeniería manifiesta que una máxima compactación proporciona no solo una mayor resistencia mecánica (frente a esfuerzos, impactos, desgaste, vibraciones, etcétera), sino también, una mayor resistencia física (efecto de la helada) y química frente a las acciones agresivas, ya que, al contener una cantidad mínima de vacíos o porosidades, las vías de penetración de los agentes exteriores son también mínimas.

En su definición de términos, el **Comité ACI 116 "TERMINOLOGÍA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN"**, define *"la compactación como el proceso según el cual un volumen de mortero o de concreto recién colocado se reduce al espacio mínimo practicable, por medio de vibración, centrifugación, apisonamiento o una combinación de estas acciones, para moldearlo dentro de las formaleas y alrededor del acero de refuerzo y de otras partes embebidas, y para eliminar las burbujas del aire atrapado pero no las del aire incluido intencionalmente"*. Esta última diferenciación es importante porque con la compactación del

concreto se pretende eliminar al máximo el aire atrapado que es indeseable, pero sin reducir substancialmente el aire intencional que eventualmente se incluye con objeto de inducir ciertas características y propiedades útiles en el concreto, tanto en su estado fresco como ya endurecido.

La magnitud del esfuerzo que se demanda aplicar para compactar el concreto (esto es para deformarlo y hacerlo fluir) depende significativamente de los coeficientes reológicos de la mezcla de concreto, que a su vez se hallan directamente involucrados en el concepto de consistencia como factor determinante en el aspecto global de la trabajabilidad de las mezclas. Como inferencia de ello y para fines prácticos, el grado de esfuerzo requerido para la compactación del concreto se relaciona de manera directa con el grado de consistencia de las mezclas. Conforme éstas son de consistencia más dura, es necesario notificarles mayor esfuerzo de compactación, mediante el empleo de procedimientos y equipos apropiados.

Segregación.

Según el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**), sostiene que el fenómeno de segregación del concreto puede ser definido *"como una concentración diferencial de sus componentes que da como consecuencia proporciones no uniformes en la masa, es decir, la segregación constituye el estado opuesto de la homogeneidad. Considerados bajo tal concepto, también el asentamiento y el sangrado constituyen formas de segregación, no obstante, en la terminología usual el término segregación suele reservarse para el caso en que una parte del agregado grueso se separa ostensiblemente de la masa de concreto primariamente homogénea"*.

La segregación del agregado grueso normalmente es inducida por las fuerzas que actúan sobre la mezcla de concreto en el curso de su manipulación, y la posibilidad de que se produzca obedece del grado de estabilidad de la mezcla y del tipo e intensidad de las fuerzas actuantes; lo cual pone de manifiesto la posibilidad de que una misma mezcla de concreto pueda segregar o no, dependiendo de la manera como se manipule durante su utilización en obra.

La segregación depende de diversos factores entre los que destacan las propiedades reológicas de la pasta de cemento, las características físicas de los agregados y el contenido unitario de éstos, particularmente el agregado grueso.

En cuanto a la pasta de cemento es importante que sus coeficientes reológicos sean adecuados para que aquella se comporte como un fluido cohesivo y viscoso, capaz de deformarse y fluir sin perder continuidad al ser sometida a las fuerzas que se generen durante el transporte, la colocación y la compactación del concreto.

Entre las características físicas de los agregados que intervienen en la tendencia de las mezclas de concreto a segregar, pueden señalarse a la composición granulométrica, la forma de la partícula y el tamaño máximo del agregado grueso. En el aspecto granulométrico es más importante la influencia del agregado fino que la del agregado grueso, específicamente en lo referente al contenido de finos; así, los agregados finos demasiado gruesos (por defecto de finos) suelen exhibir dificultades para lograr mezclas de concreto cohesivas y estables, e inducen frecuentemente a tener que adoptar medidas correctivas.

Las formas de las partículas más propicias en los agregados para producir mezclas de concreto trabajables son las equidimensionales, sean de tendencia esférica o cúbica; por consiguiente, a medida que las partículas propendan a alejarse de estas formas, mayor será la dificultad para lograr mezclas de concreto con buena trabajabilidad y mayor también será el riesgo de que estas segreguen al ser maniobradas.

El tamaño máximo del agregado grueso juega un papel muy importante en la tendencia a la segregación de las mezclas de concreto, pues el riesgo de que el agregado grueso segregue se incrementa notablemente al aumentar su tamaño y su correspondiente masa, lo cual es aún más crítico cuando el peso específico de éste es alto. Sin embargo, lo normal es que el tamaño máximo apropiado en cada caso se defina por otras razones, de manera que el aumento de tamaño máximo no debe ser un impedimento para lograr mezclas trabajables si se realiza el diseño de la mezcla en forma adecuada. Una posible excepción es el caso de las mezclas de concreto que se fluidizan a través del uso de los aditivos reductores de agua en alto grado, pues debido a la consistencia tan fluida que adquiere la pasta de cemento, le resulta difícil mantener agrupadas las gravas de gran tamaño en el seno de la mezcla. Por tal

motivo, para reducir el riesgo de segregación en estas mezclas, es común trabajarlas con un tamaño máximo que no suele exceder a 40 mm, siendo preferente de 20 mm.

En el aspecto del contenido unitario de agregados en la mezcla de concreto, se manifiesta que éste es un factor decisivo en su aptitud para conservarse homogénea durante su manipulación en obra, por lo cual debe establecerse en cada caso un balance adecuado entre los contenidos de pasta de cemento y de agregados (este último, mediante el manejo adecuado de las proporciones relativas del agregado fino y del agregado grueso), conforme con las características específicas de estos dos componentes (pasta de cemento y agregados). Para la obtención de mezclas de consistencia plástica, como suelen emplearse en el concreto convencional, la cantidad de pasta no sólo debe ser suficiente para recubrir las partículas de los agregados y llenar los intersticios entre ellas, sino que también debe haber un cierto exceso que permita la deformación plástica de la mezcla sin que se pierda la continuidad en el contacto pasta – agregado.

Exudación.

Según Neville y Brooks (**Neville, A. M. – Brooks, J. J. 1998**), *"la exudación, conocida también como ganancia de agua, es una forma de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Se produce con la incapacidad de los componentes sólidos del concreto (cemento y agregados) para retener toda el agua cuando se asientan. La exudación del concreto finaliza cuando la pasta ha endurecido lo suficiente"*.

Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), manifiesta que *"la exudación está gobernada por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades"*. Este fenómeno se manifiesta con frecuencia en forma de láminas delgadas y está influenciada por la finura del cemento y por la cantidad de finos en los agregados, por lo que cuanto más fina es la molienda del cemento y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100 del agregado fino, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

Este fenómeno se produce inevitablemente en el concreto fresco, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

A consecuencia de la exudación, la parte superior de cada capa de concreto colocada puede quedar demasiado húmeda y si el agua queda atrapada por el concreto sobrepuesto, da por consecuencia una capa porosa débil y no perdurable de concreto. Si el agua exudada se vuelve a mezclar durante el acabado de la superficie superior, resultará una superficie de desgaste débil. Esto puede evitarse retrasando las operaciones de acabado hasta que el agua exudada se haya evaporado; también se evita con el uso de flotadores de madera y evitando sobre trabajar la superficie. Además, si la evaporación del agua de la superficie del concreto es más rápida que el índice de exudación puede producirse un agrietamiento por contracción de fraguado plástico.

Además de la acumulación en la superficie del concreto, parte del agua que sube queda atrapada debajo de partículas grandes de agregado o del refuerzo, creando zonas de baja adherencia. Esa agua va dejando oquedades y, puesto que éstos quedan acomodados en la misma dirección, la permeabilidad del concreto en un plano horizontal podría acrecentarse. Una pequeña cantidad de vacíos está casi siempre, pero la exudación abundante debe evitarse, ya que aumenta el riesgo de daño, especialmente por congelación.

La exudación no es necesariamente dañina. Si no es interrumpida y el agua se vaporiza, la relación efectiva agua – cemento puede reducirse con el consiguiente incremento de la resistencia. Por otro parte, si el agua que sube lleva consigo gran cantidad de las partículas más finas de cemento, se formará una capa de nata o pasta. Si esta capa queda en la parte superior de un bloque, se formará una superficie porosa y con un aspecto "polvoso" permanente. En la parte superior se formará una capa débil y su adherencia con la siguiente no será adecuada. Por esta razón, la nata o pasta siempre debe ser removida mediante el restregado y lavado.

A lo manifestado, el ingeniero Enrique Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), exhorta en no caer en el ejercicio indiscriminado de "secar" el concreto espolvoreando cemento en la superficie de ésta mientras aún hay exudación, ya que se desarrolla una muy delgada capa

superficial de pasta que en la parte inferior tiene una interfaz de agua que la aísla de la masa original. En estas condiciones, al producirse la contracción por secado o cambios volumétricos por temperatura esta película delgada de pasta se agrieta, produciéndose un patrón de fisuración.

Contracción.

En su definición de términos, el **Comité ACI 116** "TERMINOLOGÍA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN", define a la contracción como una "*disminución de longitud o volumen de mortero o de concreto*".

La contracción es una deformación tridimensional, pero corrientemente se expresa como una deformación lineal porque en la mayoría de los elementos de concreto expuestos, una o dos dimensiones son mucho más pequeñas que la tercera dimensión y el efecto de la contracción es mayor en la dimensión más grande. Este fenómeno aparentemente simple, es originado por la pérdida de agua.

En el concreto existen tipos de deformaciones por contracción, las cuales, dependiendo de las circunstancias, pueden o no ocurrir simultánea o independientemente unas de otras.

Un primer tipo de deformación por contracción, resulta ser la contracción plástica y éste ocurre a medida que el concreto pierde humedad después de la colocación y antes de que ocurra cualquier desarrollo de resistencia. La cantidad de este agrietamiento depende de la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura del concreto y la velocidad del viento.

La contracción por secado (considerado como la verdadera contracción) es un segundo tipo de deformación por contracción e involucra el movimiento y pérdida de agua dentro de los poros extremadamente pequeños de la pasta hidratada de cemento y desde el interior de la estructura de los productos de hidratación o gel. A medida que el concreto en servicio se seca, se pierde humedad desde estos poros muy pequeños y se forman meniscos. La tensión superficial del agua asociada a estos meniscos atrae los poros uno hacia el otro y da como resultado una pérdida de volumen en el concreto.

Desde el punto de vista práctico, no es la presencia de la contracción por secado lo importante, sino lo que ocurre con el agrietamiento producido por esta. Solamente cuando la fuerza de tensión inducida en la pasta de cemento por las fuerzas capilares excede la resistencia local de tensión del concreto las grietas aparecen, siempre, en la superficie del concreto. La fuerza que impulsa la contracción por secado es la evaporación del agua desde los poros capilares en la pasta de cemento.

La contracción autógena es un tercer tipo de deformación y se desarrolla dentro de la masa de concreto (sin contacto con el medio ambiente). Este tipo de deformación es conocida también como contracción por auto desecación o contracción química.

La contracción térmica es un cuarto tipo de deformación y es consecuencia de una disminución en la temperatura del concreto diferente al tiempo de colocado.

Y, por último, la contracción por carbonatación que ocurre de la reacción del cemento hidratado con el dióxido de carbono en el aire en presencia de humedad.

Peso unitario.

Gonzales García (**Gonzales, J. L. 2003**), en su tesis de ingeniería dice que el peso unitario del concreto "*es la masa varillada de una muestra representativa del concreto y se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3)*".

El peso unitario es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que influyen decisivamente en el empleo que se le da. Dicha característica está en función de la densidad relativa (peso específico) de los agregados que lo integran.

El peso unitario de los concretos livianos, preparados ya sea con agregado natural o artificial de baja densidad relativa puede estar en valores de 480 a 1600 kg/m^3 . El peso unitario de los concretos pesados, preparados ya sea con agregado natural o artificial de alta densidad relativa, puede elevarse hasta los 5000 kg/m^3 . El peso unitario de los concretos normales, preparados ya sea con agregado natural o artificial con densidades relativas entre 2,4 y 2,8 aproximadamente, oscila en el intervalo aproximado de 2200 a 2550 kg/m^3 .

Contenido de aire.

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), manifiesta que "en toda mezcla de concreto existe aire y puede estar presente como aire atrapado o como aire incorporado".

El cemento y los agregados fino y grueso tienen aire entre sus partículas. Este aire ingresa a la mezcladora junto con los materiales y parte es expulsado durante el proceso de rotación de la cuba de la mezcladora. El pequeño porcentaje que queda en la mezcla se conoce como aire atrapado.

Por facilidad de diseño, el aire atrapado ha sido relacionado con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

En cuanto al aire incorporado, se manifiesta que este es introducido a la mezcla intencionalmente mediante un aditivo. Su introducción busca principalmente crear un sistema de poros que permita la congelación del agua sin daño para el concreto. Un segundo propósito del aire incorporado es la generar un incremento en la trabajabilidad, control de la segregación o reducción de la exudación.

Rivva López (**Rivva, E. 2006**), manifiesta además que "el concreto contiene aire atrapado, entre 1 % y 3 % del volumen de la mezcla y puede contener aire intencionalmente incorporado, entre 1 % y 7 % del volumen de la mezcla".

2.5.2.1.3 El concreto en estado endurecido y sus propiedades.

Resistencia mecánica.

Según O'Reilly Díaz[†] (**O'Reilly, V. A. 2007**), "*es el primer parámetro que exigen los usuarios del concreto, ya que es el que garantiza la estabilidad de la estructura diseñada con este material*".

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), manifiesta que "*la resistencia del concreto representa el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse*". Dado que el

concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. Estos esfuerzos se miden mediante probetas cilíndricas normalizadas.

Asimismo, el citado ingeniero manifiesta que *"la resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades tales como la durabilidad, la permeabilidad, la estabilidad del volumen o la resistencia al desgaste pueden ser tantas o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra"*.

Un factor indirecto pero importante en la resistencia mecánica del concreto, resulta ser el curado de éste ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se alcanzaría a desarrollar plenamente las características resistentes del concreto.

Del mismo modo, Rivva López (**Rivva, E. 1992**) dice: *"Conforme a la TEORÍA DE ABRAMS, para un conjunto dado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto está establecida principalmente por la cantidad neta de agua por unidad de cemento. Esta cantidad de agua neta excluye aquella absorbida por los agregados. Así, conforme a la escuela de ABRAMS, el factor que interviene en forma determinante sobre la resistencia del concreto es la relación agua – cemento de la mezcla, siendo mayor la resistencia conforme dicha relación disminuye"*.

Ulteriormente el norteamericano Gilkey, afirmándose en sus propias observaciones y en los trabajos de Walker, Bloem y Gaynor, ha demostrado que la resistencia del concreto es función de cuatro factores:

Relación agua – cemento.

Relación cemento – agregado.

Tamaño máximo del agregado.

Perfil, textura superficial, dureza y granulometría del agregado (este último con el fin de que el volumen de vacíos o los espacios entre partículas, sea el mínimo).

Esta teoría, que hasta hoy tiene validez y que conserva el concepto de la relación agua – cemento formulada por Abrams, ha sido mejorada por Powers, al exponer en el año de 1970 su teoría de la relación gel – espacio y su influencia en la resistencia; así como las teorías posteriores sobre la resistencia por adherencia pasta – agregados y su importancia en la resistencia final del concreto.

Gonzales García (**Gonzales, J. L. 2003**), en su tesis de ingeniería expone: *Powers al exponer su teoría de la relación gel – espacio, manifestó: "La resistencia con cualquier relación agua – cemento depende del grado de hidratación del cemento, de sus propiedades físicas y químicas, de la temperatura a la que ocurre la hidratación, del contenido de aire del concreto, de los cambios de la relación efectiva agua – cemento y de la formación de fisuras debidas al sangrado". Esto se entiende que cuanto mayor es la cantidad de cemento hidratado o gel, mayor será la resistencia, esto significa, que el tipo de cemento definirá este grado de hidratación.*

Durabilidad.

O'Reilly Díaz[†] (**O'Reilly, V. A. 2007**), declara que *"es una de las exigencias más significativas en una estructura, pues garantiza la VIDA ÚTIL de las construcciones sin la realización de reparaciones capitales, que aumenten el costo de su amortización"*. Asimismo, el mencionado ingeniero declara que *"la durabilidad del concreto está íntimamente relacionada con su compactidad, su porosidad y su permeabilidad"*, él es categórico expresando que de estas tres propiedades depende en gran medida la VIDA ÚTIL de una estructura de concreto reforzado, razón por la cual debemos dedicarle desde su dosificación, producción, transporte, colocación, vibrado, curado y todas las demás atenciones que garanticen estas cualidades en el concreto.

La durabilidad depende de factores propios de concreto, como su porosidad, la relación agua – cemento, el tipo de cemento, la compactación a que fue sometido, el recubrimiento de las armaduras de acero y otros factores.

Depende también de factores externos a que está sometida la construcción, tales como la humedad relativa, salinidad, lluvias ácidas, la producción intensiva del anhídrido carbónico, así como la naturaleza de las sollicitaciones mecánicas a que son sometidas.

El Comité 201 del ACI (**ACI 201.2 – Reaprobado. 2008**) "GUIDE TO DURABLE CONCRETE", define la durabilidad del concreto de cemento Portland, como *"la capacidad de resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro, es decir, el concreto durable retendrá su forma original, su calidad y su servicio, cuando se exponga a su medio ambiente"*.

Ningún material es intrínsecamente durable. Producto de la interacción entre la microestructura y el ambiente que lo rodea hace que sus propiedades cambien con el tiempo.

Se considera que un material alcanza el final de su vida de servicio cuando sus propiedades bajo ciertas condiciones de uso se han deteriorado a tal extremo, que el continuar utilizándolo se le considera inseguro o antieconómico.

Los procesos que pueden provocar una durabilidad insuficiente son variados y complejos y están en dependencia, tanto de la concepción del elemento estructural realizada durante el proyecto, la calidad de los materiales componentes, forma de dosificación, fabricación y su mantenimiento.

El deterioro de las características del concreto es debido de forma general a la acción combinada de diferentes agentes agresivos, los cuales se pueden clasificar en cuatro grandes grupos en función de su forma de actuar: "Acciones químicas, acciones físicas, acciones mecánicas y acciones biológicas".

Permeabilidad.

Rivva López (**Rivva, E. 2006**), manifiesta que *"la permeabilidad viene a ser la cantidad de desplazamiento de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etcétera)"*.

La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta de cemento (poros capilares), de la permeabilidad y granulometría del agregado (esto desde el punto de vista de obtener un volumen mínimo de vacíos), de la proporción de pasta en relación con la del agregado; y de los vacíos causados por una compactación deficiente o por los capilares del agua de exudación (macroporos). La disminución de la permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la resaturación, al ataque de los sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ion cloruro.

La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto. La permeabilidad de la pasta depende de la relación agua – cemento y del grado de hidratación del cemento o duración del curado húmedo.

El paso del agua a través de una estructura de concreto genera dos problemas en la construcción, el primero la pérdida del líquido, la cual puede tener un efecto contaminante o no, dependiendo de la naturaleza del mismo; el segundo el ingreso al concreto de agentes agresivos disueltos en el agua que conducen, con el tiempo, al deterioro de la estructura.

Existen dos formas bien diferenciadas de circulación del agua a través del concreto:

Permeabilidad al agua: Es un fenómeno por el cual se produce el movimiento del agua a través del concreto, como consecuencia de una presión exterior, que se genera, la mayoría de las veces por la altura del nivel del agua sobre el punto considerado. Aquí, si la red de capilares del concreto es muy fina, debido a diámetros muy pequeños de los capilares, el caudal de circulación resulta despreciable.

Absorción capilar: En el proceso de absorción capilar, el líquido que se encuentra en contacto con el concreto no saturado y que penetra en él por absorción capilar, lo hace con mayor velocidad a medida que el diámetro de los capilares sea mayor. Por lo tanto, para que un concreto sea impermeable la red capilar debe ser muy fina, pero, por otra parte, entre más fina sea la red capilar mayor es la absorción del concreto.

En la práctica, y muy frecuentemente, es de mayor utilidad conocer el grado de absorción y la porosidad de un concreto, que la permeabilidad; especialmente cuando se trata de una estructura que va a estar sometida al ataque de sustancias agresivas, disueltas en el agua.

La determinación del coeficiente de permeabilidad (K), es de interés cuando se espera una presión hidrostática importante.

Estabilidad volumétrica.

La estabilidad volumétrica está correspondida con cambios volumétricos que suelen causar hendiduras en las estructuras de concreto.

El concreto desde que se instala y compacta dentro de las formaleas hasta el fin de su vida de servicio advierte cambios de volumen; cambios que pueden ser producidos por diversas causas tales como las variaciones de humedad y temperatura, las reacciones químicas entre el cemento y los agregados y la pérdida de agua por evaporación, entre otras.

Los cambios volumétricos constituyen uno de los aspectos más importantes del comportamiento del concreto, tanto desde el punto de vista de la tecnología del diseño de mezclas, su producción, colocación y curado, como desde la perspectiva del diseño estructural, dado que sus efectos se traducen en contracciones y/o expansiones que ocasionan una gran variedad de problemas, asociados principalmente a fisuras y deformaciones que algunas veces solo son objetables desde el punto de vista estético, y en otras ocasionan la pérdida de capacidad de soporte y/o alteración de las condiciones de uso y operatividad de las estructuras.

El control de los cambios volumétricos está ligado ineludiblemente a los fenómenos que los causan, y es en este sentido que se desarrollan procedimientos y recomendaciones aplicables según sea el caso.

Estas recomendaciones parten en los diseños de mezclas de concreto, pasan por aspectos inherentes al proceso constructivo de elementos estructurales y finalizan en orientaciones en los diseños estructurales.

Elasticidad.

Según Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), viene a ser *"la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente"*.

Estrictamente hablando, el concreto no es un material elástico, puesto que no tiene un comportamiento lineal en ningún intervalo de su diagrama carga versus deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra a definir un MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen de dicho diagrama con un punto establecido que habitualmente es un porcentaje de la tensión última.

El módulo de elasticidad del concreto no solo tiene relación directa con la resistencia a la rotura por compresión de este, sino también, una relación inversa con la relación agua – cemento. Sus valores normales oscilan entre los 250000 a 350000 kg/cm².

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), manifiesta que *en la selección de las proporciones de los materiales que integran el concreto, debe tenerse presente que el módulo de elasticidad está en función de los siguientes factores:*

La resistencia a la rotura por compresión del concreto y, por lo tanto, de todos aquellos factores que la afectan.

A igualdad de resistencia, de la naturaleza petrográfica de los agregados.

De la tensión de trabajo.

De la forma y tiempo de curado del concreto.

Del grado de humedad del concreto.

Conceptualmente, las mezclas de concreto más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas de concreto pobres.

2.5.2.2 Materiales para el concreto.

2.5.2.2.1 Cemento.

Aspectos generales.

Conforme indica el sitio www.youtube.com/watch?v=lu14vcp27kc, el cemento viene a ser un material aglutinante gris o blanco que presenta propiedades de adherencia y cohesión y que permite la unión de fragmentos minerales entre sí formando un material compacto. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecerse en presencia de agua presentando un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

El mayor uso del cemento se da en la fabricación del concreto, material de construcción que se ha convertido en el más utilizado a nivel mundial por su versatilidad, sus propiedades físicas y mecánicas, razones que le han llevado a convertirse en uno de los materiales más competitivos en el mercado de la construcción.

El cemento ocupa entre el 7 % y 15 % del volumen de la mezcla de concreto. Proviene de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos y posterior molienda muy fina del "clinker" que es el material resultante de la calcinación, con una pequeña adición de yeso (menores al 1 % de la masa total) y adiciones minerales.

El cemento es el componente más activo del concreto y generalmente tiene el mayor costo unitario. Por ello y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

La producción del cemento empieza en la cantera donde se extraen las materias primas que consisten en combinaciones de caliza, marga y esquisto, arcilla, arena o mineral de hierro. Los materiales usados deben contener cantidades apropiadas de los compuestos de calcio, sílice, alúmina y hierro. Durante la fabricación se hacen análisis químicos frecuentes de todos los materiales para garantizar una calidad alta y uniforme del cemento.

La caliza es roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio y con pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etcétera. La producción continúa de acuerdo con el proceso de fabricación utilizado, que puede ser húmedo, semi – húmedo, semi – seco o seco.

En el proceso húmedo, los materiales se mezclan con agua en forma de lechada. En el proceso seco, la molienda y la mezcla se hacen con materiales secos. Asimismo, el proceso en seco es más eficiente debido a que se requiere un menor consumo de energía para la quema. En este proceso, la materia prima (caliza, arena, arcilla y mineral de hierro) se dosifica de acuerdo con el tipo de cemento que se vaya a producir. El material dosificado pasa por una banda transportadora que lo lleva a un molino. En la molienda lo que antes era roca, se convierte en un material muy fino (polvo). Este material es transportado por unos silos de mezclado en seco donde se homogeniza, luego es llevado a la parte superior del horno en una taza controlada por la inclinación y la velocidad de rotación del horno. El combustible, que en este caso es carbón, se envía hacia la descarga del horno donde las temperaturas de 1400 a 1550 °C cambian químicamente el material crudo en "clinker".

En el proceso de "clinkerización", quema de materia prima, se genera una serie de reacciones químicas que forman los componentes claves de un material cementante. El clinker sale del horno en forma de pequeñas bolas alrededor de 20 mm de diámetro y pasa a un enfriador de donde es transportado a un silo o tanque de almacenamiento. En esta parte del proceso, entran nuevos materiales como el yeso y las adiciones (opcional). El yeso es adicionado en pequeñas cantidades para controlar el tiempo de fraguado y para que mejore las propiedades de contracción y el desarrollo de la resistencia. Las adiciones pueden ser materiales cementantes suplementarios o materiales no cementantes que aportan propiedades a la mezcla y ayudan a disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Estos materiales: clinker, yeso y adiciones una vez se dosifican, se llevan al molino donde se muelen tan fino que pueden pasar casi completamente a través de un tamiz de 45 µm. Este polvo gris extremadamente fino es llamado CEMENTO.

En nuestro país, se fabrica el cemento Portland normal, el cual cumple con los requisitos indicados en la Norma Técnica Peruana 334.009 (ASTM C150) para los tipos I, II y V. Asimismo, en nuestro país existen los cementos Portland adicionados, los cuales están compuestos, como se anunció, por una mezcla de clinker, yeso y adiciones minerales en distintas proporciones. Las adiciones minerales utilizadas varían entre puzolanas, filler y escorias de alto horno, que añaden ciertas propiedades de valor agregado al cemento, otorgándoles características especiales. Además, estos cementos utilizan cantidades menores de clinker en su fabricación, lo que resulta en una menor emisión de gases contaminantes. Esta incorporación contribuye a mejorar las propiedades del concreto. Entre los cementos adicionados, tenemos:

Cemento Portland Puzolánico tipo "IP", producido mediante molienda conjunta de clinker y puzolana (contenido de puzolana: 15 % – 40 %).

Cemento Portland Puzolánico Modificado tipo "I (PM)", producido mediante molienda conjunta de clinker y puzolana (contenido de puzolana: menor que 15 %).

Cemento Portland de Escoria tipo "IS", producido mediante molienda conjunta de clinker y escoria (contenido de escoria: 25 % – 70 %).

Cemento Portland de Escoria Modificado tipo "I (SM)", producido mediante molienda conjunta de clinker y escoria (contenido de escoria: menor que 25 %).

Cemento Portland Compuesto tipo "ICo", obtenido por pulverización conjunta de clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30 %.

Propiedades físicas.

Peso específico.

Según Portugal Barriga (**Portugal, P. 2007**), el peso específico del cemento "*corresponde al material en estado compacto. Su valor varía poco y en un cemento Portland normal cuando no hay adiciones distintas al yeso, suele estar comprendido entre 3,0 a 3,2 g/cm³.*

Cuando el cemento contiene adiciones minerales (cemento adicionado), el peso específico es menor ya que el contenido del clinker por tonelada es menor y su valor puede estar en el rango de 3,0 a 3,1 g/cm³ dependiendo del porcentaje de adiciones del cemento. Cuando es en escoria de altos hornos puede tener 2,9 g/cm³.

Por su menor peso específico, los cementos adicionados proporcionan una mayor cantidad de pasta para un mismo peso de cemento, esto mejora la característica de trabajabilidad de los concretos elaborados con estos cementos".

El peso específico de un cemento no indica la calidad de este; su uso principal es para el proyecto de mezcla, es decir, para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto.

El ingeniero Vitervo O'Reilly Díaz[†], manifiesta que *"el concreto es una piedra sólida y compacta que la constituyen los pesos específicos de sus componentes".* Él, al mismo tiempo dice que *"en el diseño no se puede estimar nada, sino usar lo que corresponda y que lo correcto es usar el peso específico de cada material".*

Fineza.

Gonzales García (**Gonzales, J. L. 2003**), en su informe de tesis dice que *"la fineza es una de las propiedades más importantes del cemento ya que está ligada a su valor hidráulico. La fineza de un cemento es función del grado de la molienda de este y se expresa por su superficie específica, la cual es definida como el área superficial total, expresada en cm² de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Su importancia radica en la influencia que puede tener sobre la velocidad de hidratación, la resistencia inicial y el calor generado".*

Asimismo, el citado ingeniero manifiesta que *"el valor de dicha propiedad define la calidad en el sentido más amplio, de manera que cuanto más elevado sea el grado de fineza del aglomerante acabado, mayor extensión tendrán las reacciones de hidrólisis, dando espacio a un mayor desarrollo en la formación de hidrosilicatos, hidroaluminatos y geles por unidad de volumen, aumentando los gradientes de resistencia a la compresión y al flexo compresión, sobre todo a corto plazo".*

Contenido de aire.

Según Rivva López (**Rivva, E. 2008**), *"la presencia de cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuya a reducir la resistencia de los concretos preparados con éste. El ensayo de contenido de aire da un índice indirecto de la fineza y grado de molienda del cemento"*.

La ASTM C185 indica un contenido máximo de aire en morteros de 12 % para todos los cementos de esta clasificación.

Fraguado.

Según Portugal Barriga (**Portugal, P. 2007**), este término se emplea para describir el endurecimiento de la pasta de cemento. En sentido amplio, se refiere al cambio del estado fluido al estado rígido.

El fraguado se debe principalmente a la hidratación selectiva del C_3A y del C_3S , acompañada de una elevación de la temperatura de la pasta de cemento. Se dice que la pasta de cemento Portland ha fraguado cuando está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida.

Es esencial que la fragua del cemento no sea ni demasiado rápida ni demasiado lenta. En el primer caso, no hubiese tiempo suficiente para transportar y colocar el concreto en las formaletas ya que éste se rigidizaría rápidamente. En el segundo caso, se producirán atrasos en el trabajo y usos de la estructura.

El tiempo de fraguado se divide en dos partes; el comienzo y el fin de la fragua, conocidos como "fragua inicial" y "fragua final". Cuando la pasta de cemento Portland ha logrado la fragua final, empieza un nuevo periodo de incremento de su rigidez y resistencia denominado "endurecimiento".

Resistencia mecánica.

Gonzales García (**Gonzales, J. L. 2003**), expresa que *"la resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad física que especifica la capacidad de este para resistir esfuerzos sin falla y normalmente se emplea como uno de los criterios de aceptación por ser la más requerida desde el punto de vista estructural"*.

Del mismo modo, Gonzales García en su informe apunta lo siguiente: *"La resistencia de una pasta de cemento es función de su finura, composición química, porcentaje de compuestos, grado de hidratación, así como del contenido de agua de la pasta. La velocidad de desarrollo de resistencia es mayor durante el periodo inicial de endurecimiento y tiende a disminuir gradualmente en el tiempo. El valor de la resistencia a los 28 días se considera como la resistencia del cemento"*.

La resistencia mecánica de un cemento se determina por ensayos de compresión y tracción en morteros preparados con dicho cemento y arena estándar. Los ensayos de compresión se efectúan de acuerdo a la norma ASTM C109 y los de tracción de acuerdo a la norma ASTM C190.

Para medir la resistencia mecánica del cemento a la compresión, se fabrican probetas de mortero de sección cúbica de 2 pulgadas de lado, empleando morteros que tienen, en masa, una parte de cemento y 2,75 partes de arena estándar de Ottawa con una gradación abierta, compuesta por tres tamaños (gradación marcada entre las mallas N° 30 y N° 100).

El ingeniero Rivva López (**Rivva, E. 2008**), dice que *"el valor de la resistencia mecánica del cemento no puede emplearse para predecir las resistencias del concreto con precisión a causa de las muchas variables que intervienen en las mezclas de concreto, entre ellas la composición combinada y la fineza del cemento"*.

En cambio, el ingeniero O'Reilly Díaz[†] (**O'Reilly, V. A. 2007**) exige en sus metodologías de selección de las proporciones de la mezcla de concreto el valor de la resistencia mecánica del cemento obtenida a los 28 días. Este valor sirve para determinar la característica "A" del

agregado grueso y en consecuencia la cantidad de cemento para una resistencia de concreto exigida.

Asimismo, el ingeniero O'Reilly Díaz[†] exterioriza lo siguiente:

"Uno de los graves errores de muchos métodos de dosificar concreto, es no tener en cuenta la resistencia mecánica del cemento".

"El concreto es una piedra artificial, constituida por diferentes materiales de origen pétreo, es lógico que su resistencia final esté en correspondencia con la resistencia de sus elementos componentes".

De la misma forma, O'Reilly Díaz[†] resalta lo siguiente: *"la resistencia del cemento es un valor que nos lo venden al adquirir dicho insumo, pues si algo falla, la responsabilidad nunca será del que diseño la mezcla de concreto".*

Calor de hidratación.

Rivva López (**Rivva, E. 2008**), declara que *"el fraguado y el endurecimiento de la pasta es un proceso químico por lo que, durante las reacciones que tienen lugar entre los compuestos del cemento y el agua, la hidratación del cemento sea acompañada por liberación de una cantidad de calor, la cual depende principalmente de la composición química y de la finura del cemento".*

De lo declarado puede definirse al calor de hidratación como la cantidad de calor, expresada en calorías por gramo de cemento no hidratado, desarrollada por hidratación completa a una temperatura determinada.

El calor de hidratación de los cementos normales es de 85 a 100 cal/g, por lo que en las circunstancias normales de construcción el calor se disipa rápidamente por radiación, siendo los cambios de temperatura dentro de la estructura relativamente pequeños y probablemente de escasas consecuencias.

Pero, en estructuras de concreto en grandes masas, la poca conductibilidad térmica de este material (que es un mal disipador del calor) impide la rápida radiación de este último, pudiendo alcanzar la masa de concreto elevadas temperaturas.

Estos incrementos de temperatura pueden generar expansión mientras el concreto se está endureciendo y dar por resultado contracciones y agrietamiento al irse enfriando la masa hasta la temperatura ambiente.

La ASTM C150 "ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA CEMENTO PORTLAND", permite dos enfoques independientes para controlar el calor de hidratación del cemento.

El primer enfoque, consiste en especificar los requisitos químicos; de ahí que para el cemento tipo II un límite opcional es fijar la suma del contenido de silicato de tricalcio ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ o C_3S) y de aluminato de tricalcio ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ o C_3A) en el 58 %. Para el cemento tipo IV se establecen límites en los contenidos de C_3S y C_3A en un máximo de 35 % y 7 %, respectivamente; mientras se mantiene en un mínimo de un 40 % el contenido de silicato de bicalcio (C_2S).

El segundo enfoque, utiliza los requisitos físicos. Para el cemento tipo II, el calor opcional máximo de hidratación es 70 cal/g (290 kJ/kg) a los 7 días y para el cemento tipo IV, el calor de hidratación máximo se limita a 60 cal/g (250 kJ/kg) a los 7 días y 70 cal/g (290 kJ/kg) a los 28 días.

Composición química básica.

Neville y Brooks (Neville, A. M. – Brooks, J. J. 1998), manifiestan que "*los componentes principales del cemento son cuatro y fueron establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1887*".

En la siguiente tabla, junto con sus fórmulas abreviadas, se presentan dichos componentes:

Tabla 2*Principales componentes del cemento Portland.*

Nombre del componente	Composición óxida	Abreviatura
Silicato de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Aluminato de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Silicato de bicalcio	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Alumino ferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Neville, A. M. y Brooks J. J. (1998).

El cálculo de la composición potencial del cemento Portland está basado en el trabajo de R. H. Bogue y otros, y se conoce como "composición de Bogue".

Los silicatos, C_3S y C_2S , son los componentes más importantes y los causantes de la resistencia de la pasta hidratada de cemento. Los silicatos en el cemento no son componentes puros, sino que contienen óxidos menores en soluciones sólidas. Estos óxidos tienen efectos significativos en los ordenamientos atómicos, en la forma de los cristales y en las propiedades hidráulicas de los silicatos.

La presencia de C_3A en el cemento no es deseable, ya que contribuye poco o nada a la resistencia de este, excepto en las primeras etapas; y cuando la pasta de cemento endurecida es atacada por sulfatos, la formación de sulfoaluminato de calcio (estringita) puede causar resquebrajamientos. Sin embargo, el C_3A es benéfico durante la elaboración del cemento, porque favorece la combinación de cal y sílice.

El C_4AF también está presente, en pequeñas cantidades, en el cemento, y en comparación con los otros tres componentes, no influye significativamente en su comportamiento; sin embargo, reacciona con el yeso para formar sulfoferrita de calcio y su presencia puede acelerar la hidratación de los silicatos.



Figura 13: Estringita. Denominado también SAL DE CANDLOT. Se produce por hidratación del yeso, la portlandita y el hidróxido de aluminio. Aparece en el momento del fraguado (estringita primaria). Cuando hay un excedente de aniones de sulfato y una vez hidratado el producto, puede combinarse con la portlandita (que pasa a la solución como iones OH) al variar su pH, dando lugar a un producto expansivo que desarrolla presiones destructivas por encima de los 6 MPa. Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

La cantidad de yeso añadida a la escoria es esencial y dependerá del contenido de C_3A y del álcali del cemento. El incremento en la finura del cemento aumenta la cantidad de C_3A disponible en las primeras etapas, así como los requerimientos del yeso; no obstante, el exceso de yeso lleva a la expansión y a la consecuente ruptura de la pasta de cemento.

Además de los componentes principales ya enumerados, hay componentes menores como MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O y Na_2O ; que por lo general no representan más que un pequeño porcentaje de la masa de cemento.

De estos componentes menores, dos son de interés: los óxidos de sodio y potasio, Na_2O y K_2O , conocidos como los álcalis.

Es de conocimiento que reaccionan con algunos agregados, los productos de la reacción álcali – agregado, lo cual causa desintegración del concreto. También se ha observado que afectan el índice de incremento de la resistencia del cemento. Por tanto, cabe destacar que el término "componentes menores" se refiere a su cantidad y no necesariamente a su importancia.

De la siguiente tabla puede obtenerse una idea general de la composición del cemento, y los límites de composición de óxido de los cementos Portland.

Tabla 3*Límites aproximados de la composición del cemento Portland.*

Óxido	Contenido, porcentaje
CaO	60 – 67
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0,5 – 6,0
MgO	0,1 – 4,0
Alcalinos	0,2 – 1,3
SO ₃	1 – 3

Fuente: Neville, A. M. y Brooks J. J. (1998).

En la siguiente tabla se presenta la composición de óxido de un cemento típico y la composición calculada del compuesto, obtenida con la ecuación de Bogue.

Tabla 4*Composición de óxidos y compuestos de un cemento Portland típico.*

Composición óxida típica Porcentaje		Por tanto, composición calculada del compuesto, porcentaje	
CaO	63	C ₃ A	10,8
SiO ₂	20	C ₃ S	54,1
Al ₂ O ₃	6	C ₂ S	16,6
Fe ₂ O ₃	3	C ₄ AF	9,1
MgO	1 ½	Componentes Menores	–
SO ₃	2		
K ₂ O	} 1		
Na ₂ O			
Otros	1		
Pérdidas en encendido	2		

Fuente: Neville, A. M. y Brooks J. J. (1998).

Normatividad del cemento.

En nuestro país, el producto con mayor número de normas técnicas es el CEMENTO. Así tenemos: Cinco (05) normas sobre especificaciones, una (01) norma sobre muestreo e inspección, una (01) norma sobre terminología, cuatro (04) normas sobre adiciones, cuatro (04) normas sobre aditivos y cuarenta y cinco (45) normas sobre métodos de ensayos.

Los lineamientos de lo anotado se guardan en las Normas Técnicas Peruanas, las cuales guardan armonía con las normas de la ASTM.

El cemento que se empleó en la presente tesis es el Cemento Portland Compuesto tipo "ICo" (CEMENTO EXTRAFORTE ICo). La Norma Técnica Peruana 334.090 (equivalente a la ASTM C595), establece requisitos químicos y físicos que debe cumplir este tipo de cemento:

Tabla 5

Composición química y propiedades físicas del Cemento Portland Compuesto tipo "ICo".

Composición química		Requisito NTP 334.090
Óxido de magnesio (MgO)	%	Máximo 6,0
Trióxido de azufre (SO ₃)	%	Máximo 4,0
Pérdida por ignición	%	Máximo 8,0
Residuo insoluble	%	—
Aluminato tricálcico (C ₃ A)	%	—
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0,658 k ₂ O)	%	—
Propiedades físicas		Requisito NTP 334.090
Expansión en autoclave	%	Máximo 0,8

Resistencia a los sulfatos	% máximo de expansión	0,10* (6 meses)
Resistencia a la rotura por compresión		
Resistencia a los 3 días	MPa (kg/cm ²)	Mínimo 13,0 (Mínimo 133)
Resistencia a los 7 días	MPa (kg/cm ²)	Mínimo 20,0 (Mínimo 200)
Resistencia a los 28 días	MPa (kg/cm ²)	Mínimo 25,0 (Mínimo 250)
Tiempo de fraguado		
Fraguado inicial	Minutos	Mínimo 45
Fraguado final	Minutos	Máximo 420
Calor de hidratación		
A los 7 días	kJ/kg	Máximo 290*
A los 28 días	kJ/kg	Máximo 330*

* Requisito opcional. Fuente: NTP 339.090; *Cementos. Cementos Portland adicionados. Requisitos.*

2.5.2.2.2 Agregados.

Según Rivva López (**Rivva, E. 2008**), viene a ser "el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la norma NTP 400.011 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA USO DE MORTEROS Y CONCRETOS". Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Se está al corriente, de que el concreto está integrado por una pasta de cemento y agua en la cual se hallan empapadas partículas de un material acreditado como agregado el cual ocupa del 65 % al 80 % del volumen de la unidad cúbica de concreto, es de ahí que resulta importante la calidad de éste.

Desde los estudios iniciales de Gilkey en 1923, no solo se dejó de considerar al agregado como un material inerte de relleno cuya aplicación permitía disminuir el costo de la unidad

cúbica de concreto, sino también, nos permitió conocer que el agregado debe estar constituido por partículas limpias y adecuadamente conformadas; que en su estructura deben entrar materiales resistentes y durables; asimismo debe ostentar una adecuada granulometría (con el fin de empequeñecer los espacios entre partículas); que debe tener preferentemente perfil angular y textura rugosa; que debe tener límites en su capacidad de absorción y de partículas inconvenientes; que debe ser resistente a la abrasión; que debe tener inalterabilidad de volumen; que debe ser capaz de resistir cambios físicos o químicos que podrían originar rajaduras, hinchazón o ablandamiento del concreto, entre otras cosas.

El agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto, sus propiedades influyen en las del concreto, tanto al estado fresco como al endurecido. Interviene en las resistencias mecánicas, la durabilidad, el comportamiento elástico, propiedades térmicas y acústicas, etcétera. Durante muchos años, descuidado fue el estudio del importante papel que el agregado desempeña en el comportamiento del concreto.

De acuerdo con la práctica usual del concreto, el agregado guarda clasificaciones, los cuales son: Por su origen, por su composición mineralógica, por su tamaño, por sus propiedades físicas, por sus propiedades químicas, por su peso (el mismo que es acorde con su masa por unidad de volumen o densidad), por su perfil, por su textura superficial y por su petrografía.

El agregado grueso.

Rivva López (**Rivva, E. 2008**), define "como agregado grueso a aquel que queda retenido como mínimo, en un 95 % en el tamiz N° 4 y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037".

El agregado grueso puede consistir en grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

Sus partículas serán limpias de perfiles preferentemente angulares o semi angulares, duros, compactos y resistentes, de textura preferentemente rugosa, debiendo estar libre de partículas escamosas y materia orgánica u otras sustancias dañinas.

La granulometría y el tamaño máximo elegidos para el agregado grueso deberán permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y un asentamiento dentro de los valores estipulados, en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

El tamaño nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o

Un tercio del peralte de las losas; o

Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.

Estas limitaciones pueden ser obviadas si la trabajabilidad y los procedimientos de compactación permiten colocar el concreto sin formación de vacíos o cangrejeras.

El agregado grueso no puede presentar reactividad potencial (álcali – sílice y/o álcali – carbonato) con los hidróxidos alcalinos de la pasta. La granulometría debe estar dentro de los límites que señalan las Normas Técnicas Peruanas. Los agregados pueden mezclarse para obtener una granulometría continua. El porcentaje máximo de material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200) para concreto sujeto a desgaste por abrasión y otros concretos debe ser 1 %.

Los índices de aplanamiento y alargamiento del agregado grueso no deberán ser mayores del 20 %. El desgaste por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles no podrá ser mayor del 50 %. El contenido de sustancias perjudiciales no deberá ser mayor que las siguientes especificaciones:

Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	3,0 %
Material que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200)	1,0 %
Carbón y lignito	0,5 %
Contenido de sulfatos, como SO_4	1,2 %

El agregado grueso sometido al ensayo de estabilidad de volumen deberá tener una pérdida de masa promedio no mayor del 12 % cuando se ensaya con sulfato de sodio o del 18 % cuando se ensaya con sulfato de magnesio.

El agregado fino.

Rivva López (**Rivva, E. 2008**), define "*como agregado fino a aquel que pasa íntegramente por el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y como mínimo en un 95 % el tamiz 4,75 mm (0,187 pulgadas o N° 4), quedando retenido en el tamiz 75 μ m (N° 200)*".

El agregado fino consiste en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas.

El agregado fino no deberá presentar reactividad potencial (álcali – sílice y/o álcali – carbonato), con los hidróxidos alcalinos de la pasta. La granulometría del agregado fino debe ser cerrada y debe encontrarse dentro de los límites indicados en la NTP 400.037. El agregado fino como requisito, debe estar compuesto de partículas limpias, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

En ningún caso el agregado fino deberá tener más del 45 % de material retenido entre dos tamices consecutivos. No se permitirán variaciones mayores de 0,2 en el módulo de finura con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la selección de los ingredientes de la mezcla. El agregado fino debe encontrarse libre de arcilla y de partículas desmenuzables; de material que pasa el tamiz normalizado de 75 μ m (N° 200); de partículas livianas como mica, carbón o lignito; de sulfatos y materia orgánica. Se recomienda como valores máximos:

Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	3,0 %
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (N° 200)	3,0 %
Carbón y lignito	0,5 %
Contenido de sulfatos, como SO ₄	1,2 %

El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica. Si su color en el ensayo colorimétrico es mayor que el ámbar N° 3, se debe rechazar. Si la coloración es causada por agentes distintos a la materia orgánica se puede acudir al ensayo de relación de resistencias. Si la resistencia relativa a los 7 días no resulta menor del 95 % el agregado puede usarse.

En el ensayo de estabilidad de volumen, el agregado fino no deberá tener una pérdida de peso promedio mayor del 10 % cuando se ensaya con sulfato de sodio o del 15 % cuando se ensaya con sulfato de magnesio.

2.5.2.2.3 Aditivos.

En su definición de términos, el **Comité ACI 116 "TERMINOLOGÍA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN"**, define al aditivo como *"un material distinto del agua, los agregados, el cemento y las fibras de refuerzo, que se utiliza como componente del mortero o del concreto, y se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado"*.

La interpretación que puede darse a esta definición es que un material sólo puede considerarse como aditivo cuando se incorpora individualmente al concreto, es decir, que se puede ejercer control sobre su dosificación. De esta manera, las puzolanas y las escorias solo son aditivos si se les maneja y administra por separado del cemento Portland. Lo cual no deja de ser más bien una cuestión de forma, ya que cualitativamente sus efectos son los mismos que si se administran por conducto del cemento.

Los aditivos se emplean con el propósito fundamental de modificar convenientemente el comportamiento del concreto en estado fresco, y/o de inducir o mejorar determinadas propiedades deseables en el concreto endurecido.

Los aditivos suelen emplearse en la elaboración de concretos, morteros o mezclas de inyección, no solo para modificar sus propiedades en los estados fresco y endurecido, sino también por economía, para ahorrar energía y porque hay casos en que el uso de un aditivo puede ser el único medio factible para obtener el resultado requerido, citando como ejemplos la conservación contra la congelación y el deshielo, el retardo o la aceleración en el tiempo

de fraguado y la obtención de muy alta resistencia. Asimismo, los informes del citado comité señalan que los principales efectos que se persiguen con el uso de aditivos son los que seguidamente se mencionan para ambos estados del concreto.

Para concreto en estado fresco:

Aumentar la trabajabilidad sin incrementar el contenido de agua, o bien disminuir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.

Retrasar o adelantar el tiempo de fraguado inicial.

Reducir o prevenir el asentamiento, o crear una ligera expansión.

Modificar la rapidez y/o capacidad de sangrado.

Reducir la segregación.

Mejorar la aptitud para el bombeo.

Reducir la rapidez en la pérdida de revenimiento.

Para concreto en estado endurecido:

Retrasar o reducir la evolución de calor durante el endurecimiento inicial.

Acelerar la velocidad de desarrollo de la resistencia a edades tempranas.

Incrementar la resistencia ya sea a compresión, tensión o flexión.

Aumentar la durabilidad o la resistencia a las condiciones de exposición severas, que incluyen la aplicación de sales de deshielo.

Disminuir el flujo capilar de agua y la permeabilidad del concreto a los líquidos.

Controlar la expansión causada por la reacción de los álcalis con ciertos agregados.

Producir concreto celular.

Mejorar la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo. Asimismo, generar una buena adherencia entre el concreto viejo y el concreto nuevo.

Mejorar la resistencia al impacto y a la abrasión.

Inhibir la corrosión del acero de refuerzo y otros metales inmersos.

Producir mortero o concreto coloreado.

A estos efectos cabe adicionar otros, que en forma directa o indirecta pueden producir ciertas puzolanas y algunos agentes reductores de agua, tales como:

Mejorar la resistencia del concreto al ataque de los sulfatos.

Reducir la penetración a través del concreto de sales que provocan corrosión del acero de refuerzo.

Evitar la disolución de la cal en el interior del concreto, por el efecto de la lixiviación.

Reducir los cambios volumétricos por secado en el concreto.

Conforme a las recomendaciones del Comité 212 del ACI, los aditivos se especifican en los siguientes grupos:

Acelerantes; reductores de agua y/o reguladores de fragua; súper plastificantes; incorporadores de aire; generadores de gas; aditivos para inyecciones; productores de expansión; ligantes; ayudas para bombeo; colorantes; floculantes; insecticidas; impermeabilizantes; reductores de permeabilidad; controladores de la reacción álcali – agregado; inhibidores de la corrosión.

2.5.2.2.4 Agua.

Rivva López (**Rivva, E. 2008**), sostiene que *"el agua es el disolvente universal y se combina químicamente con muchos componentes para formar ácidos y sales como sulfatos, cloruros, bicarbonatos, etcétera"*. Por esta cualidad, no es de extrañar que el agua reaccione químicamente con el cemento. La combinación de estos dos elementos forma la pasta que es el aglutinante, el medio de unión de las partículas de agregados.

Este vínculo forma una cadena de compuestos que interactúan entre sí para conformar un todo resistente: EL CONCRETO. La pasta es, en la mayoría de los casos, el eslabón más débil.

El cemento está conformado por una serie de componentes que al reaccionar químicamente con el agua se convierten en pasta que tiene la propiedad de pegar, de aglutinar, de "cementar" y la fuerza de adherencia de la pasta depende de la cantidad de agua en la mezcla.

Una cantidad de cemento requiere de una cantidad fija de agua para desarrollar todo su potencial de resistencia después que han concluido las reacciones químicas y es de alrededor un 26 por ciento en masa del cemento, es decir, que cada un kilogramo de cemento requiere de alrededor de 260 gramos de agua para combinarse químicamente con ella. La pasta que se forma con esa combinación de agua y cemento la llamamos de "consistencia normal". Toda el agua extra que empleemos en la pasta solo sirve para diluirla y cuando se seca deja espacios llenos de aire que son núcleos de debilidad de la pasta dura, en otras palabras, la pasta se vuelve porosa y tanto más débil cuanto más agua se emplee en la mezcla.

Gonzales García (**Gonzales, J. L. 2003**), dice que *"la presencia del agua en la elaboración del concreto resulta inevitable, pues con esta se logra la formación del gel, asimismo y en el estado no endurecido se busca facilitar una adecuada manipulación y colocación de esta y generar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse"*. Del mismo modo, en el estado endurecido se convierte en un producto con propiedades y características deseadas.

La calidad del agua es importante, ya que las impurezas que contengan pueden interferir el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto u ocasionar el manchado de su superficie, así como llevar a la corrosión al refuerzo. Por estas razones, debe evaluarse su conveniencia para fines de mezclado y curado. Debe hacerse una distinción clara entre los efectos del agua para la mezcla y el ataque de aguas agresivas al concreto endurecido, ya que algunas de estas son inofensivas e incluso benéficas si se usan en el mezclado.

Neville y Brooks (**Neville, A. M. – Brooks, J. J. 1998**), manifiestan que *"en muchas especificaciones, la calidad del agua se considera en una cláusula que ésta debe ser apta para beber. Esta agua muy rara vez contendrá sólidos disueltos por sobre 2000 partes por millón y por lo general menos de 1000 partes por millón"*.

El criterio de potabilidad del agua no es absoluto: el agua para beber puede no ser adecuada para mezcla cuando tenga una concentración alta de sodio o potasio, por el peligro de una reacción álcali – agregado.

El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable suele ser adecuada para elaborar concreto. Como regla, cualquier agua con un pH (grado de acidez) de 6,0 a 8,0 que no sepa salada o salobre es útil; el color oscuro o un cierto olor no indican necesariamente la presencia de sustancias deletéreas. Las aguas naturales ligeramente ácidas son inofensivas, pero los que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; estas aguas, así como las muy alcalinas, deben ser probadas previamente.

La norma NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/L (3 ppm).

El contenido de residuo insoluble no será mayor a 5 g/L (5000 ppm).

El pH estará comprendido entre 5,5 y 8,0.

El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0,6 g/L (600 ppm).

El contenido de cloruros, expresado como ion Cl , será menor de 1 g/L (1000 ppm).

El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1g/L (1000 ppm).

Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

2.5.2.3 La mezcla de concreto y su costo de producción.

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), sostiene que *"la selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un pacto prudente entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y endurecido"*.

El costo del concreto es la suma del precio de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipo. Sin embargo, para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipo son muy independientes del tipo y calidad de concreto producido. Por lo tanto, los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben de tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro minimizar el contenido del cemento en el concreto ya que es el factor más importante para reducir el costo del concreto.

Es necesario, además, señalar que, en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menos calor de hidratación.

2.5.2.4 El costo de la durabilidad.

Rivva López (**Rivva, E. 2006**), dice que *"el ingeniero debe tener presente el concepto de durabilidad en todas las etapas del proyecto, elección de los materiales, proceso de puesta en obra, acabados y mantenimiento de una estructura de concreto. En el análisis de una obra no se puede ni se debe dejar de analizar el llamado costo de la durabilidad, el cual se puede asociar con un ahorro a largo plazo. La situación ideal, sería lograr un material que, con el menor costo posible, nos permita satisfacer las condiciones de servicio, durante toda la vida útil de la estructura"*.

"Esta concepción teórica no siempre se cumple en la vida real. Basta ver las estructuras dañadas debido a la no aplicación del concepto de durabilidad. Lo fundamental para evitar estos problemas es tener una idea clara, de qué y para qué se está construyendo la obra que se nos ha encomendado. Este concepto es fundamental para predecir el funcionamiento de la estructura, durante toda su vida útil de servicio. Diferentes controles surgen de acuerdo a la ubicación de la estructura proyectada, así como también del tipo de materiales que se empleen para la elaboración del concreto".

"Con referencia a la durabilidad del concreto respecto a la ubicación de la estructura, se debe tener en cuenta los posibles ataques en distintas atmósferas, ataques químicos externos al concreto, problemas de fisuración y acciones físicas. Con respecto a los materiales empleados, hay que tener en cuenta las posibles reacciones deletéreas internas, la estructura de los poros y los mecanismos de transporte de fluidos dentro de la masa de concreto. Cada situación expuesta tiene su solución, la cual debe ser analizada desde la concepción de la estructura, ya que la aparición de los problemas genera costos (sea por falla estructural, pérdida de la capacidad de servicio, afeamiento externo, etcétera) mucho más altos para su reparación, los cuales hubieran sido minimizados si se hubiesen analizado en el momento adecuado".

"Es por ello necesario, y ello sería una primera y muy importante recomendación, el que las Normas Peruanas de Diseño Estructural, al lado de la resistencia, propiedad que no se discute, den igual importancia a la durabilidad, introduciéndola como elemento primario de evaluación para el cálculo de estructuras de concreto reforzado".

2.5.2.5 La granulometría de los agregados.

Según Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), *"la granulometría es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños"*.

El citado ingeniero dice, asimismo, que *"los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto"*.

Para desarrollar la granulometría, se emplea la serie de tamices estándar ASTM para agregados y concreto, serie que tiene la particularidad de iniciar por el tamiz de abertura cuadrada de 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.

En la siguiente tabla, se consignan los tamices estándar ASTM, los que de manera indirecta nos permiten medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas.

Tabla 6

Tamices estándar ASTM.

Calificación del tamiz	Abertura en pulgadas	Abertura en milímetros
3"	3	75,0 mm
1 ½"	1,5	37,5 mm
¾"	0,75	19,0 mm
3/8"	0,375	9,5 mm

N° 4	0,187	4,75 mm
N° 8	0,0937	2,36 mm
N° 16	0,0469	1,18 mm
N° 30	0,0234	0,60 mm
N° 50	0,0117	0,30 mm
N° 100	0,0059	0,15 mm
N° 200	0,0029	0,075 mm

Fuente: Pasquel, E. (1998).

Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), dice que *"el significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto fresco, así como en algunas del concreto endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas"*.

Según Rivva López (**Rivva, E. 1992**), *"la granulometría del agregado es uno de los factores más importantes para determinar los requisitos de agua de la mezcla; las proporciones de los agregados fino y grueso; así como el contenido de cemento necesario para obtener la trabajabilidad satisfactoria"*.

Del mismo modo, Rivva López manifiesta que, *"a través de la evolución de los procedimientos de selección de las proporciones se han propuesto numerosas curvas granulométricas ideales para el agregado con el objeto de generar un mínimo volumen de vacíos o espacios entre partículas y por consecuencia obtener una mezcla en la que con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener propiedades deseadas en el concreto"*.

La práctica ha confirmado que no existen curvas "ideales" aplicables a todos los casos. Consideraciones prácticas han formado la base para curvas típicas tales como las que se exponen en la norma NTP 400.037 "Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)".

Internacionalmente, está generalizado el juicio de utilizar las granulometrías o gradaciones de agregados que provean el mejor acomodo entre partículas para crear una estructura muy densa, resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad.

Es en este sentido, que existe una gran variedad de opciones en cuanto a cómo evaluar dichas gradaciones y cómo combinarlas, que dependen de la mayor o menor confiabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro. Dentro de esta variedad y para el diseño de mezclas de concreto, tenemos referencias de métodos basados en curvas granulométricas empíricas, métodos basados en curvas granulométricas teóricas, el método del "módulo de fineza total" y el método tradicional del ACI.

Según Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), *"los métodos basados en curvas empíricas abordan el análisis total de la mezcla de agregados para ajustarlas a husos o rangos granulométricos basados en información estadística empírica. Estos métodos establecen husos para diferentes tamaños máximos de agregados, tipos de agregados y condiciones de colocación del concreto. Estos métodos son muy empleados en Europa y algunas curvas están establecidas por las Normas DIN y las Normas Británicas. No es recomendable usar en nuestro medio"*.

Del mismo modo, Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**) manifiesta que, *"los métodos basados en curvas teóricas asumen normalmente distribuciones granulométricas del tipo parabólico, que representan la gradación óptima del agregado total o en algunos casos de los agregados y el cemento, pues algunos investigadores estiman que deben considerarse la granulometría total de los sólidos"*.

La validez de los métodos basados en curvas teóricas reside en que aborda la granulometría integral del agregado en la mezcla de concreto, ajustándola a gradaciones teóricas que producen estructuras densas y compactas.

El ajuste a dichas curvas consiste en establecer la proporción de la mezcla de agregado fino y agregado grueso que más se acerque a la gradación teórica elegida, lo cual se hace

evaluando las áreas comprendidas entre la mezcla propuesta y la curva teórica de modo que se equilibren las que están por encima y debajo de ésta.

Las curvas teóricas, tienen la ventaja de ser fáciles de calcular y utilizar para un tamaño máximo de agregado establecido, pero la desventaja es que nunca es posible en la práctica obtener una mezcla de agregados que cumpla perfectamente con dicha gradación dado a que es ideal, sin embargo, permite una aproximación técnica a la granulometría óptima para llegar a mezclas más densas y trabajables.

Dentro de los métodos basados en curvas teóricas, tenemos la Parábola de Bolomey, la curva de Füller y Thompson, la curva de Popovics, la curva de Caquot y Faury.

Según Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), *"el método del MÓDULO DE FINEZA TOTAL toma la mezcla de los agregados como un elemento fundamental para evaluar su habilidad en satisfacer determinado diseño de mezcla. Su sustento reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de las partículas para una cierta distribución granulométrica"*.

Del mismo modo Pasquel Carbajal (**Pasquel, E. 1998**), manifiesta que *"el método del ACI (el cual data desde el año 1944) está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos en la norma ASTM C33 (norma equivalente a la norma NTP 400.037), define el agua de mezcla empíricamente en función del tamaño máximo nominal del agregado y del revenimiento como medida de trabajabilidad, establece de manera empírica el volumen del agregado grueso compactado en seco en función del tamaño máximo del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino exclusivamente, y correlaciona la relación agua – cemento en peso con la resistencia en compresión"*.

Cabe resaltar, que este método no está concebido para agregados marginales, por otro lado, por motivos de simplificación no evalúa la granulometría integral de la mezcla de agregados, asumiendo que los valores empíricos de agregado grueso en función del módulo de fineza del agregado fino cubren todas las posibilidades.

2.5.2.6 La influencia de la característica de forma del material.

En cuanto a la influencia de la característica de forma del material, O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), expone lo siguiente:

"Estudios ejecutados por varios investigadores, admiten que el procedimiento de elaboración de mezclas de concreto está en dependencia de la característica de forma de los agregados y de su superficie, es decir, que depende de su trituración, rugosidad, lisura, etcétera.

El beneficio práctico de estos conocimientos se dificulta, porque la medida de esta influencia en el procedimiento de elaboración de mezclas de concreto no se ha determinado cuantitativamente, y, además, la mayoría de estas características no se pueden formular con precisión, como, por ejemplo, la rugosidad o la lisura de la superficie.

Además, los agregados son materiales heterogéneos y sus características se pueden hallar con un grado determinado de probabilidad. Objetivo de estudio de investigadores, ha sido analizar si la selección apropiada de la característica de forma de los agregados influye realmente en el procedimiento de elaboración de mezclas de concreto, y si resulta positivo, el fin consecuente es determinar cuantitativamente esta influencia y posteriormente observar si los resultados podrían contribuir en los siguientes aspectos:

El primero, es observar si contribuye a economizar los proyectos de composición de mezclas de concreto desde el punto de vista del consumo del cemento, y a la vez, observar si se lograra una compactación más eficaz de las mezclas con agregados de formas pocos apropiados.

El siguiente aspecto, sería el observar si los resultados también podrían servir para seleccionar el tratamiento adecuado de los agregados, principalmente en la trituración y los tipos de trituradoras que lograrían las características de formas más apropiadas.

La determinación de la influencia de la característica de forma de los granos de los agregados y consecuentemente del conjunto de éstos sobre el procedimiento de la

elaboración de la consistencia de la mezcla de concreto, ha conllevado a los investigadores a seleccionar métodos de comprobación de la característica de la forma de los agregados, de tal modo que expresaran las principales particularidades en forma óptima, objetiva y matemáticamente (excepto al grado de rugosidad superficial, dado a que los métodos y equipos actuales no proporcionan la posibilidad objetiva de comprobar el carácter de la superficie de los granos).

Una definición precisa de la forma de los materiales granulares y la existencia de métodos simples para medirlos, deben permitirnos un mejor control de la producción de agregado fino y agregado grueso por trituración.

Las propiedades mecánicas de los agregados finos y agregados gruesos, especialmente su ángulo de rozamiento interno y su compresibilidad, dependen de los contactos intergranulares y, por consiguiente, de la forma de los granos.

Para precisar la forma de un sólido, es necesario detallar la superficie que la limita exteriormente. Para geometrías simples basta con un número finito de parámetros: ángulos y relaciones de longitud. Por el contrario, para un sólido cualquiera, es necesario, una infinidad de parámetros.

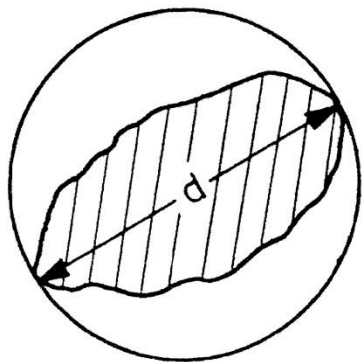
En la práctica se tiende a ofrecer una descripción aproximada de la forma, con la ayuda de un número finito de esos parámetros. De esta manera se obtiene según el país, las disciplinas y los investigadores, una gran diversidad de definiciones, normas y hábitos, de acuerdo con la selección, medición y utilización de esos parámetros en un número finito. Estas dificultades mencionadas, ha hecho que varios investigadores propongan métodos indirectos, cuyos principios plantean que la forma de los granos tiene influencia sobre las propiedades de un conjunto de éstos, por tanto, basta medir una de estas propiedades siguiendo un procedimiento normalizado para evaluar, de modo indirecto, la forma media de los granos del conjunto.

Tales métodos presentan un inconveniente fundamental, ya que la forma de los granos no es el único parámetro que interviene en las propiedades mecánicas de un material granular y una medición indirecta solo reproducirá el efecto combinado de varios factores.

Es importante agrupar esos parámetros en dos categorías: los que permitan medir la forma global y los que midan angulosidad. Se puede añadir una tercera categoría, relativa al estado de la superficie del grano.

De todos los coeficientes existentes, solo algunos han sido objeto de normas o recomendaciones oficiales en diferentes países:

En Francia, la norma francesa NFP 18 – 301 AGREGADOS PESADOS PARA CONCRETOS DE CONSTRUCCIÓN, define el coeficiente volumétrico "C" o coeficiente de forma (en otras aparecen las definiciones de índice de planicidad), propuesto por Cailleux, como la relación entre el volumen de la partícula y el volumen de la esfera en que resulta inscrita y cuya determinación es aplicable a partículas mayores de 6,3 mm".



Para una partícula, el coeficiente volumétrico, es:

$$cv = v / V = (v) / (\pi d^3/6) \dots\dots\dots (1)$$

Para un conjunto de partículas, el coeficiente volumétrico medio, es:

$$CV = (6\Sigma v) / (\pi\Sigma d^3) \dots\dots\dots (2)$$

Figura 14: Evaluación de la forma de las partículas por medio del coeficiente volumétrico. Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (1994).

Asimismo, el profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007) en su exposición sobre la influencia de la característica de forma del material, continúa diciendo:

"En Gran Bretaña, la norma BS – 812 utiliza los coeficientes de aplanamiento (P) y alargamiento (q), y a partir de ellos se definen los índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados.

En Bélgica, la norma NBN – 329 define el índice de forma por la relación e/l.

En Checoslovaquia, Riha y Stork, introducen varias posibilidades para determinar la característica de forma de los granos y del conjunto de ellos con los factores siguientes: Índice de forma (β), coeficiente de volumen (O_s), índice de planicidad (ip), según Cailleux, índice de forma de los agregados, según la norma CSN 721172, de Checoslovaquia.

T. C. Powers considera el método introducido por Wadell, como uno de los más aceptables para expresar la característica de forma de los agregados. Según él, las propiedades de forma de los agregados se pueden caracterizar por dos factores: Factor de esfericidad (ψ), eventualmente (ϕ); y el factor de redondez (P^*).

Wadell define la esfericidad estereométrica (ψ) como la relación entre el área superficial (s) de una esfera del mismo volumen que la que tiene el grano medido, y el área superficial del grano investigado (S):

$$\Psi = (s/S) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \dots\dots\dots (3)$$

Pero para realizar una valoración en la práctica, Wadell utiliza el factor denominado por él, como esfericidad plana, de una sección transversal a :

$$\phi = (d/D) \text{ m} \cdot \text{m}^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

Siendo:

d = Diámetro del círculo de igual superficie que la que tiene a sección del grano investigado, en metro.

D = Diámetro del círculo circunscrito con la máxima longitud, en metro.

Schaffner, por investigaciones realizadas, mantiene el factor de esfericidad plana (ϕ), tras la conclusión que al medir este valor "n" veces en un mínimo de 20 granos de una misma fracción de un agregado, al determinar sus promedios matemáticos, las diferencias de los valores de ϕ , promediados con una mayor cantidad de mediciones hasta $n = 100$, son tan pequeñas, que la cantidad de 20 mediciones (20 granos) se puede considerar como

suficiente. Esta cantidad de mediciones facilita sustituir para fines prácticos la esfericidad estereométrica por la esfericidad plana.

En la presente tesis, la determinación del factor de forma ϕ , o del valor inverso, ϕ^{-1} tiene una gran utilidad.

Los valores de ϕ se determinan, según Schaffner, de la siguiente forma:

Se hace una fotografía de 20 granos como mínimo, de cada fracción del agregado a investigar.

La fotografía se amplía a consideración del investigador, desde 10 mm hasta 50 mm y se calca el contorno de los granos sobre un papel transparente.

Los valores de d_1 y D_1 hasta d_n y D_n se determinan, para cada grano, utilizando el calibrador evaluador formado por varios círculos, concéntricos y con un escalonamiento de 1 mm hasta 2 mm entre los diámetros escalonados.

De los valores de $d_1:D_1$ hasta $d_n:D_n$ se determinan los valores de ϕ_1 hasta ϕ_n para cada grano y se determina el valor de ϕ como el promedio aritmético de ϕ_1 hasta ϕ_n :

$$\phi = (\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_n) / n \dots\dots\dots (5)$$

No obstante, para este valor promedio aritmético, se recomienda determinar el factor de esfericidad ϕ , fotografiando los veinte granos en dos planos, primero según el eje "ab" y después según el eje "bc", que resultará de girar la partícula 90° respecto al eje "ab", con el fin de tener una representación promedio de cada grano; a continuación, se determina el valor resultante como el promedio de los dos anteriores, es decir:

$$\phi_n = (\phi_{ab} + \phi_{bc}) / 2 \dots\dots\dots (6)$$

El valor inverso de la esfericidad se puede denominar ϕ^{-1} . Wadell y Schaffner la consideran y la denominan alargamiento de los granos de los agregados.

Wadell expresa el coeficiente de redondez (P^*), como:

$$P^* = (\sum r/R) / n \quad \dots\dots\dots (7)$$

Siendo:

r = Radio de redondez de las aristas en el plano de la sección de los granos, en milímetros.

R = Radio mayor del círculo inscrito en la sección transversal del grano, en milímetros.

n = Cantidad de aristas en la sección del grano, en los cuales $r < R$ (las aristas de redondez $r \geq R$ no se consideran).

Schaffner, según sus experiencias, recomendó ajustar los valores de P^* , pasándolo al coeficiente de redondez P , cuyo valor se determina por la ecuación:

$$P = [1 + (\sum r/R)] / (1 + n) \quad \dots\dots\dots (8)$$

Cabe indicar, que la sumatoria en las dos últimas expresiones, se manifiesta desde "n" hasta 1.

Por considerar adecuado el cambio propuesto por Schaffner, el profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007), toma esta última expresión (coeficiente de redondez P) para sus metodologías de diseño, según la ecuación (8).

Los valores del coeficiente de redondez P , se determina simultáneamente con los valores del coeficiente ϕ , por un procedimiento similar:

Para determinar P , se utilizan las mismas fotografías ampliadas de los 20 granos de cada fracción del agregado investigado y se les determinan los valores de ϕ .

Con el empleo del mismo calibrador creado con el sistema de círculos concéntricos y del contorno de los granos calcados sobre un papel transparente, se determina la cantidad de "n" aristas redondeadas, en las que $r < R$ y para cada una de estas aristas se determina el radio (r) de redondez. Después se determina el radio máximo (R) del círculo inscrito de la sección del grano.

En la ecuación del coeficiente de redondez P , se sustituyen los valores obtenidos de r_1 hasta r_n de R y n y así se determinan los valores de P_1 hasta P_n para cada uno de los granos investigados. El valor de P resultante de la fracción correspondiente del agregado es el promedio aritmético P_1 hasta P_n .

$$P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / n \quad \dots\dots\dots (9)$$

Para determinar los valores de P , recomiendan el empleo de la fotografía en los planos "ab" y "bc", seguir el mismo procedimiento para la determinación de ϕ , en este caso:

$$P_n = (P_{ab} + P_{bc}) / 2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

El valor inverso de la redondez, P^{-1} , es denominado por Wadell y Schaffner como angulosidad de los agregados.

Una desventaja del procedimiento de Wadell y Schaffner, es que la metodología para determinar el factor ϕ , de la esfericidad plana, no tiene en cuenta suficiente la planicidad de algunos granos, lo cual constituye una ventaja para los agregados que contienen granos planos o escamosos".

2.5.2.7 Estudio teórico de las metodologías aplicadas en la presente investigación.

2.5.2.7.1 Descripción de la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

El sistema del American Concrete Institute (ACI 211.1 – 91), sistema reprobado en 1997, es sin lugar a duda, el método de dosificación más utilizado internacionalmente, siendo adecuado para cualquier obra realizada con concreto.

La metodología del Comité ACI 211.1 (**ACI 211.1 – Reaprobado. 1997**), considera nueve pasos para la selección de las proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo, incluidos el ajuste por humedad de los agregados grueso y fino y la corrección a las mezclas de prueba.

El primer paso que dar con esta técnica contempla la selección del revenimiento. Cuando éste no se especifica, el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de revenimiento, de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera (véase Tabla 1 de este informe). Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores deben ser incrementados en dos y medio centímetros.

La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método debe considerar la separación de los costados de la cimbra o formaletas, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permita que el concreto sea colado sin cavidades o huecos. La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo, de la forma y granulometría de los agregados, la temperatura del concreto, la cantidad de aire incluido y el uso de aditivos químicos.

Como tercer paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del revenimiento requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.

Como cuarto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua – cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera, por supuesto la resistencia promedio seleccionada debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados las pruebas con

valores bajos. En una segunda tabla aparecen los valores de la relación agua – cemento para casos de exposición severa.

El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso tres, y la relación agua – cemento, obtenida en el paso cuatro; cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifiquen, la mezcla se basará en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento, esta parte constituye el quinto paso del método.

Para el sexto paso del procedimiento, el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los valores dependen del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado en seco para un metro cúbico de concreto, el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.

Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso o por volumen absoluto.

El octavo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados, el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

El último paso se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la cohesividad, la trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado.

Neville y Brooks (**Neville, A. M. – Brooks, J. J. 1998**), declaran que *"para correcciones por diferencias en el revenimiento, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto el informe ACI 211.1 – 91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla*

de prueba hasta lograr las propiedades especificadas en el concreto". Estas recomendaciones son conocidas como las REGLAS DEL PULGAR y son las siguientes:

Si no se logra el revenimiento correcto, el contenido de agua estimado aumenta (o disminuye) en 6 kg/m³ para cada 25 mm (1 pulg) de aumento (o disminución) en el revenimiento.

Si no se logra el contenido de aire deseado, la dosis de ingrediente de arrastre de aire se debe ajustar para producir el contenido de aire especificado. Entonces, se aumenta (o disminuye) el contenido de agua por 3 kg/m³ por cada 1 % de disminución (o aumento) en el contenido de aire.

Si no se logra la densidad estimada (peso unitario) del concreto fresco por el método de las masas y ésta es importante, las proporciones de la mezcla se deben ajustar mediante una tolerancia para un cambio en el contenido de aire.

Por otro lado, la falta de cohesividad, puede corregirse aumentando el contenido de agregado fino, a expensas del contenido de agregado grueso.

2.5.2.7.2 Descripción de las técnicas de diseño "Vitervo A. O'Reilly Díaz".

Los procedimientos propuestos por el profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†], se utilizan en Cuba y en países de África, Europa y América. El Dr. O'Reilly[†], desarrolla sus técnicas bajo el concepto de considerar la forma de las partículas de los agregados y el objetivo de reducir al mínimo el porcentaje de vacíos de la mezcla, buscando tener concretos más durables y compactos, con un ahorro de cemento, por lo que el profesor O'Reilly[†] considera que los métodos que abrigan la idea tradicional de la curva "granulométrica ideal" no es el más indicado para diseños de concretos con agregados de elevadas proporciones de partículas con geometría inadecuada.

El profesor Vitervo O'Reilly[†], hace constar alternativas de diseño que conducen a establecer la característica "A" (forma y tamaño) del agregado grueso. En este trabajo, se exponen solo dos alternativas y son:

La **primera alternativa (O'Reilly; V. A. 1985)**, es una opción práctica, conocida como *Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia*. Este método lleva más tiempo ejecutarlo, debe mantenerse un alto grado de precisión en los ensayos necesarios.

La **segunda alternativa (O'Reilly; V. A. 2007)**, es una alternativa Física – Matemática, conocida como *Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos*.

En el presente trabajo de investigación, se evaluaron estas dos alternativas de diseño para determinar la característica "A" del agregado grueso empleado.

Estas evaluaciones, se hicieron una vez establecidas y estudiadas las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados grueso y fino a través de nuestras **NORMAS TÉCNICAS PERUANAS**.

Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia.

Para determinar la composición óptima de un concreto hay que realizar ensayos de laboratorio, cuyos procedimientos son los siguientes:

En el primer paso, se determina el peso específico corriente o aparente (PEC) y el peso unitario compactado (PUC) de los agregados grueso y fino. Esta determinación se desarrolla con agregados secados en estufa.

En el segundo paso, se determina el peso unitario compactado seco de cada mezcla de agregado fino y agregado grueso, en las proporciones:

35:65 / 40:60 / 45:55 / 50:50 / 55:45 / 60:40

En el tercer paso, se calcula el peso específico corriente de cada mezcla de agregados. En este cálculo, también se emplea agregados secados en estufa. Para obtener el peso específico corriente de cada mezcla de agregados, se emplea los datos obtenidos en el primer paso de

este método. El peso específico corriente de cada mezcla de agregados se determina matemáticamente por medio de la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \%AF) + (PEC_{AG} \times \%AG)] / 100 \quad \dots\dots\dots (11)$$

Siendo:

PEC_m = Peso específico corriente o aparente de la mezcla de los agregados.

PEC_{AF} = Peso específico corriente o aparente del agregado fino.

$\%AF$ = Porcentaje del agregado fino en la mezcla.

PEC_{AG} = Peso específico corriente o aparente del agregado grueso.

$\%AG$ = Porcentaje del agregado grueso en la mezcla.

En el cuarto paso y sobre la base del peso específico corriente de la mezcla de agregados y el peso unitario compactado de ella, podemos determinar el porcentaje de vacío de cada mezcla de los agregados, en cada proporción indicada. La ecuación que emplear es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m \quad \dots\dots\dots (12)$$

Determinado el porcentaje de vacío para todas las combinaciones de agregado fino y agregado grueso, se elige la combinación que tenga el porcentaje menor, como la óptima para la composición del concreto.

Como quinto paso, se determina la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia requerida de la mezcla de concreto. Para determinar la cantidad de agua necesaria, se elabora una mezcla de concreto equivalente a 20 litros (0,02 m³) con la consistencia y la resistencia que necesitamos, colocando la cantidad de cemento y agua acostumbrada y con ello:

Queda determinada la cantidad de agua por tanteo para un revenimiento requerido.

Se fabrican 18 testigos de prueba para romperse a los 28 días con la relación agua – cemento obtenida.

Asimismo, se determina la resistencia del cemento "R_c" a ser usado a los 28 días.

Cabe resaltar, que para determinar exactamente la cantidad de agua, se coloca en una bandeja de metal con dimensiones apropiadas los componentes de la mezcla para ser mezclados a mano. En esta bandeja se coloca primero los agregados y se los fusiona hasta homogenizarlos; después se coloca el cemento y se revuelve con los agregados hasta que la mezcla tenga un color uniforme; finalmente se coloca una cantidad de agua menor a la prefijada y se determina su consistencia, revenimiento en el cono de Abrams (dando por ejemplo, 2 cm); después se hizo una nueva mezcla (bajo el proceso ya descrito) con una mayor cantidad de agua y se mide nuevamente el revenimiento (por ejemplo 4 cm), y así se repite el ensayo, auxiliados por el cono de Abrams, hasta que por aproximación se determina la cantidad total de agua necesaria para lograr el revenimiento necesario.

Esta cantidad de agua debe ser corregida de acuerdo con la humedad superficial del agregado fino.

Es necesario y determinante hacer todos los ensayos normalizados a los agregados y al cemento que se utilicen.

En el sexto paso, se calcula con los datos anteriormente obtenidos, la característica "A" del agregado grueso. Esta característica se determina mediante la ecuación:

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)] \dots\dots\dots (13)$$

Siendo:

- A = Característica del agregado grueso.
- R_c = Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días del cemento a emplear, en MPa.
- M₁ y M₂ = Valores dependientes de la consistencia del concreto.
- V = Valor dependiente de la relación agua – cemento.
- R_h = Resistencia a la rotura obtenida del concreto de prueba.

Los valores de " M_1 " y " M_2 ", se toman de la tabla que seguidamente se muestra, con relación al revenimiento de la mezcla de concreto determinada en los ensayos.

Tabla 7

Pareja de valores " M_1 " y " M_2 " correspondientes a un solo valor de revenimiento (A_s).

Revenimiento (cm)	Valor M	Revenimiento (cm)	Valor M
A_s 3	M_1 4,4447	A_s 10	M_1 4,0219
	M_2 0,2930		M_2 0,3572
A_s 4	M_1 4,3843	A_s 11	M_1 3,9315
	M_2 0,3014		M_2 0,3674
A_s 5	M_1 4,3239	A_s 12	M_1 3,9011
	M_2 0,3101		M_2 0,3780
A_s 6	M_1 4,2635	A_s 13	M_1 3,8407
	M_2 0,3189		M_2 0,3888
A_s 7	M_1 4,2031	A_s 14	M_1 3,7803
	M_2 0,3281		M_2 0,4000
A_s 8	M_1 4,1427	A_s 15	M_1 3,7199
	M_2 0,3375		M_2 0,4115
A_s 9	M_1 4,0823	A_s 16	M_1 3,6595
	M_2 0,3472		M_2 0,4233

Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

En el séptimo paso y con la característica "A" del agregado grueso, se determina la cantidad de cemento necesaria para un concreto de una consistencia y resistencia determinada, mediante la siguiente ecuación:

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1 \dots\dots\dots (14)$$

Siendo:

- V = Valor dependiente de la relación agua – cemento.
- R_h = Resistencia a la rotura por compresión del concreto que queremos obtener, en MPa.
- R_c = Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días del cemento a emplear, en MPa.
- M₁ y M₂ = Valores dependientes de la consistencia del concreto.
- A = Característica del agregado grueso.

Como se dijo, los valores de M₁ y M₂ se toman de la Tabla 7. La pareja de M₁ y M₂ corresponden a un solo valor del revenimiento (A_s), medido en centímetros, por el método del cono de Abrams.

En el octavo paso y determinado el valor de "V" podemos establecer la cantidad de cemento realmente necesaria.

Para este efecto, se usa la Tabla 8 que seguidamente se muestra y tomamos el valor de la relación agua – cemento (w) que le corresponda y sea la adecuada. Entonces, la cantidad de cemento se determina por la ecuación:

$$c = a / w \dots\dots\dots (15)$$

Siendo:

- c = Cantidad de cemento en kilogramos.
- a = Cantidad de agua en litros.
- w = Relación agua – cemento tomada de la Tabla 8.

"a" es el agua usada en la investigación para obtener un revenimiento (A_s) necesario.

Tabla 8

Valor de "V" según la relación agua – cemento (*w*).

w	Valor V	w	Valor V
0,30	0,5229	0,55	0,2596
0,31	0,5086	0,56	0,2518
0,32	0,4946	0,57	0,2441
0,33	0,4815	0,58	0,2366
0,34	0,4685	0,59	0,2291
0,35	0,4559	0,60	0,2218
0,36	0,4437	0,61	0,2147
0,37	0,4318	0,62	0,2076
0,38	0,4202	0,63	0,2007
0,39	0,4089	0,64	0,1938
0,40	0,3979	0,65	0,1870
0,41	0,3872	0,66	0,1805
0,42	0,3768	0,67	0,1739
0,43	0,3665	0,68	0,1675
0,44	0,3565	0,69	0,1612
0,45	0,3468	0,70	0,1549
0,46	0,3372	0,71	0,1487
0,47	0,3279	0,72	0,1427
0,48	0,3186	0,73	0,1367

0,49	0,3098	0,74	0,1308
0,50	0,3010	0,75	0,1249
0,51	0,2924	0,76	0,1192
0,52	0,2840	0,77	0,1135
0,53	0,2757	0,78	0,1079
0,54	0,2676	0,79	0,1024

Fuente: O'Reilly, V. A. (2007).

Como noveno paso, y conocido la cantidad de cemento y agua necesarios para conseguir la resistencia del concreto deseado, se calcula la cantidad de agregados para 1 m³ (1000 litros) de concreto de acuerdo con la proporción de la mezcla óptima de los agregados grueso y fino, con un 2 % o 3 % de aire atrapado, por lo que:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1\ 000\ L \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$V_{AG} = 1\ 000 - [(c / \gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}] \quad \dots\dots\dots (17)$$

Siendo:

c = Cantidad de cemento en kilogramos.

γ_C = Peso específico del cemento.

V_{AG} = Volumen de los agregados grueso y fino en litros.

V_{AGUA} = Volumen del agua en litros.

$V_{VACÍO}$ = Volumen de poros en litros, se supone que para concretos normales, los poros constituyen el 2 % por el aire atrapado por el proceso de manipulación.

La masa de los agregados se determina con la siguiente expresión:

$$V_{AG} = (P_{AG} \times \%AF) / \gamma_{AF} + (P_{AG} \times \%AG) / \gamma_{AG} \quad \dots\dots\dots (18)$$

Siendo:

- $\%AF$ = Porcentaje del agregado fino en la mezcla.
 $\%AG$ = Porcentaje del agregado grueso en la mezcla.
 γ_{AF} = Peso específico del agregado fino.
 γ_{AG} = Peso específico del agregado grueso.
 V_{AG} = Volumen de los agregados.
 P_{AG} = Masa total de los agregados.

Método Físico – Matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos.

Este método, es una alternativa para determinar la característica de "A" de los agregados seleccionados y se basa en la evaluación de las características de forma y tamaño del agregado grueso a emplear, como son la esfericidad estereométrica y la redondez de cada una de ellas, determinando el coeficiente de alargamiento (L) y la angulosidad (G), con lo que se llega a una expresión que permite un mejor cálculo. La esfericidad relaciona la forma del agregado con una esfera de igual volumen, a pesar de que esta característica es determinada cualitativamente, sirve para clasificar los granos angulosos y redondeados en alto y bajo grado de esfericidad, conforme se aproxime o no a la esfera. El grado de redondez (redondeamiento) describe la suavidad de los contornos y su grado de curvatura.

A continuación, se describe los pasos a seguir con este método, para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos. Los pasos son los siguientes:

Primero, se selecciona 20 partículas del agregado grueso, éstas deben tener cantidades proporcionales de las fracciones que la componen o correspondan a una fracción.

Luego se fotografía las 20 partículas. Para ser fotografiadas, las 20 partículas se colocan en dos posiciones, según los ejes "ab" y "bc" (solo girando 90° uno respecto al otro) sobre un papel negro, que al ser iluminado define correctamente los contornos de cada grano.

La cámara para tomar las 20 partículas debe ser de película con formato de 35 mm y un lente normal. Las 20 partículas del agregado grueso se colocan sobre el papel negro de 18 cm x 27 cm. Al tomarse la foto, el formato de la película debe abarcar toda la superficie del papel negro.

Las fotografías se amplían en papel mate, con un formato de 16 cm x 24 cm, y la ampliadora se coloca a una altura tal, que la película abarque todo el papel de grabado. En el caso de no poseer papel mate, los contornos de los granos se dibujan sobre un papel transparente o una lámina de acetato y de esta sacamos copias, sobre las cuales se trabaja.

Luego, sobre las fotografías y con una plantilla de círculos o circulera de plástico transparente (donde los círculos aumentan su diámetro de milímetro a milímetro, desde 1 hasta 35), se determinan los diámetros y radios correspondientes a cada grano o partícula, utilizando un portaminas con creyón de 0,5 milímetros. En el caso de que los granos presentasen una dimensión mayor a los 35 milímetros, se emplea regla y compás para hallar los datos necesarios.

La determinación del área de un grano equivalente a una circunferencia se realiza al superponer la plantilla sobre la fotografía del grano y se debe tener en cuenta que el área del grano que queda a fuera de la circunferencia, por no estar cubierta, se compensa con el área de la circunferencia que no estaba cubierta por el grano.

Los círculos de redondez de las aristas de cada grano fueron lo más grande posible, para así evitar las superposiciones de las circunferencias de las aristas del contorno, ya que los radios de redondez no pueden ser mayores que el de la circunferencia inscrita.

Los valores de ϕ y P pueden ser determinados por el promedio de los valores obtenidos por tres fotos de cada posición, elaborados por una misma persona.

Cabe resaltar que esta alternativa de diseño del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], nos permite no tener que esperar 28 días los resultados de laboratorio para obtener la característica "A", tan importante en el consumo de cemento para una resistencia determinada del concreto endurecido.

2.5.3 Marco conceptual: Terminología básica.

2.5.3.1 Absorción del concreto.

Relación entre la masa de agua que penetra los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua.

2.5.3.2 Agregado para hormigón (concreto).

Conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

2.5.3.3 Agregado denominado "Hormigón" en el Perú.

Mezcla natural de grava y arena empleado en su forma natural de extracción. Este tipo de agregado se encuentra generalmente en los conos de deyección de los ríos y se usa para preparar concreto de baja calidad como el que se emplea en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etcétera.

2.5.3.4 Análisis granulométrico.

Conocido también como granulometría. Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. La granulometría es una manera indirecta de medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas de agregados.

2.5.3.5 Cemento.

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas: la cal hidráulica, la cal aérea y los yesos.

2.5.3.6 Comité 211.1 del ACI.

Método estadounidense que expone la práctica del diseño de mezclas de concretos de peso normal, concretos en masa y concretos pesados. Este método fue aprobado nuevamente en el año 2009.

2.5.3.7 Comité 211.2 del ACI.

Método estadounidense que expone la práctica del diseño de mezclas para concreto estructural liviano con agregados de peso ligero y semiligeros. Este método fue nuevamente aprobado en el año 2004.

2.5.3.8 Comité 211.3 del ACI.

Guía estadounidense para la selección de las proporciones del concreto sin revenimiento. Este método fue nuevamente aprobado en el año 2009.

2.5.3.9 Comité 211.4 del ACI.

Guía estadounidense para la selección de las proporciones del concreto de alta resistencia con cemento Portland y otros materiales cementantes. Esta guía fue revisada en el año 2008.

2.5.3.10 Comité 211.5 del ACI.

Guía estadounidense para la presentación de dosificación del concreto. Este guía fue nuevamente aprobado en el año 2009.

2.5.3.11 Compacidad.

Propiedad que debe tener todo concreto de manera que en un volumen fijo quepa la mayor cantidad de agregado y la suficiente cantidad de pasta. En estas condiciones se obtendrá un concreto muy denso, de gran resistencia y más impermeable en estado endurecido.

2.5.3.12 Concreto.

Mezcla dosificada de agregados (agregado grueso y agregado fino), cemento, agua y opcionalmente aditivos.

2.5.3.13 Concreto de alto desempeño

Concreto diseñado para dar características optimizadas de desempeño para condiciones dadas de cargas, uso y condiciones de exposición, consistentes con los requerimientos de costo, ciclo de vida y durabilidad.

2.5.3.14 Consistencia.

Capacidad de colocación de la mezcla de concreto, en la que se involucran propiedades de cohesión y viscosidad, forma parte de la trabajabilidad.

2.5.3.15 Curado.

Mantenimiento en condiciones favorables de humedad y temperatura del concreto a tempranas edades, para que desarrolle resistencia y otras propiedades.

2.5.3.16 Dosificación del concreto.

Proceso por el cual se logran las mejores proporciones de los materiales componentes de éste.

2.5.3.17 Durabilidad del concreto.

Propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea; los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos; los efectos de la abrasión, la acción del fuego y las radiaciones: la acción de la corrosión y/o cualquier otro proceso de deterioro.

2.5.3.18 Hermeticidad.

Capacidad del concreto de refrenar o retener el agua sin escapes visibles. Al reducir las bajas relaciones agua – cementante, la segregación y exudación contribuyen a la hermeticidad del concreto. La inclusión de aire también ayuda a la hermeticidad. Para ser hermético el concreto también debe tener alta compactación y estar libre de fisuras y vacíos.

2.5.3.19 Muestra.

Grupo de unidades o porción de material, tomados de una cantidad mayor de unidades o de material. Sirve para aportar información para tomar decisiones sobre el conjunto mayor de unidades, sobre un material o sobre un proceso de producción.

2.5.3.20 Módulo de fineza.

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

2.5.3.21 Módulo de fineza del agregado fino.

Centésima parte del valor que se obtiene al sumar los porcentajes acumulados retenidos en el conjunto de los tamices 4,75 mm (N° 4); 2,36 mm (N° 8); 1,18 mm (N° 16); 600 μ m (N° 30); 300 μ m (N° 50) y 150 μ m (N° 100).

2.5.3.22 Permeabilidad.

Propiedad que permite que el concreto pueda ser atravesado por un fluido (líquido, gases, iones) por causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas del material. Se determina por el caudal filtrado del agua, de acuerdo con la Ley de Darcy, en la cual el flujo es laminar y permanente.

2.5.3.23 Porosidad.

Cantidad de espacios vacíos que quedan inmersos en la masa del concreto como consecuencia de la evaporación del agua libre de la mezcla y de la presencia del aire naturalmente atrapado.

2.5.3.24 Resistencia mecánica.

Es la primera cuantificación que demandan los usuarios del concreto, ya que es el que garantiza la estabilidad de la estructura diseñada con este material. Esta se mide a través de probetas normalizadas.

2.5.3.25 Relación agua – cemento.

Cociente obtenido al dividir la masa del agua por la masa del cemento en el concreto.

2.5.3.26 Trabajabilidad.

Propiedad del concreto fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que se puede mezclar, colocar, compactar y terminar permitiendo su acabado sin segregación, ni sangrados nocivos, así como moldeabilidad y adherencia.

2.5.3.27 Vida prevista.

Período para el cual es diseñada y construida a fin de que satisfaga el conjunto de requisitos arquitectónicos, funcionales, estructurales, de durabilidad, de comportamiento y de seguridad, sin que se generen costos inesperados por mantenimiento o por reparación.

2.5.3.28 Vida útil.

Período previsto para que un mecanismo de daño, o un agente agresor, de inicio al deterioro del concreto, habiéndose vencido la barrera de protección, pero sin que aún se haya iniciado el debilitamiento de la estructura.

2.5.4 Marco histórico.

2.5.4.1 Antecedentes

O'Reilly Díaz[†] (O'Reilly, V. A. 2007) manifiesta que *"el concreto de cemento Portland es actualmente el material manufacturado más extensamente utilizado por el hombre, que, de acuerdo con las tendencias mundiales, su futuro tiende a ser más significativo e importante, porque la mayoría de las aplicaciones de ingeniería de construcción ofrece propiedades adecuadas a bajo costo, combinada con el ahorro de energía y ventajas ecológicas"*.

Lo indicado se confronta al cotejar la fabricación mundial de cemento Portland que en el año de 1920 fue de 32300000 toneladas métricas para un per cápita de 19 kg por cada persona, pasando en el 2002 a 1750000000 toneladas métricas para un per cápita de 289 kg por cada persona y se pronostica un vertiginoso crecimiento de su producción y empleo en estos tiempos y en los próximos años.

El consumo interno de cemento en el Perú en el año 2009 ha sido de 7,1 millones de toneladas y una sola fábrica de cemento (CEMENTOS LIMA), provee cerca del 43 % de la demanda interna.

Sinnúmero son las razones por las que el concreto desempeña un papel tan protagónico en el desarrollo de la humanidad, en primer lugar se debe a la posibilidad de lograr elementos estructurales de diversas formas, debido a su carácter plástico en estado fresco, posee una magnífica resistencia al agua sin un serio deterioro, a diferencia de la madera y el acero, pero lo más significativo de sus ventajas, es que está constituido por materiales abundantes y baratos que existen en todas las partes de la Tierra.

No todas son ventajas en este material extraordinario, pues como inconveniente tiene su relación peso/resistencia muy elevada, es poco resistente a la tensión comparado con su resistencia a la compresión, presenta inestabilidad de volumen frente a acciones térmicas, hidráulicas o mecánicas que pueden fisurarlo. También es sensible a ser destruido por la acción agresiva de agentes físicos o químicos que lo circundan.

Múltiples son los intelectuales científicos que trabajan arduamente para mitigar estos defectos, creando adiciones en la fabricación del cemento, aditivos químicos para la producción del concreto, métodos y equipos más eficientes para su producción, productos anticorrosivos y protectores, etcétera, que garanticen seguir siendo el más empleado de los materiales de construcción.

La heterogeneidad de los materiales que componen el concreto y la complejidad de su comportamiento, tanto en estado fresco como endurecido, así como los poros de variadas formas y tamaño que pueden estar completa o parcialmente llenos de soluciones alcalinas, representan siempre un desafío a los técnicos responsabilizados con su fabricación y empleo de éste, el cual es manufacturada en diversas formas.

Para conseguir este conglomerado, siempre se supuso que el proporcionamiento de sus componentes no podría ser arbitrario, ya que el fin de éste, es que sea, un sólido compacto durable. Inicialmente estos conglomerados eran usados sin grandes exigencias de resistencia estructural,

2.5.4.2 Descubrimiento, uso, evolución y desarrollo del cemento Portland y del concreto (Fuente: O'Reilly, V. A. 2007).

Fecha	Estado del conocimiento
5000 años atrás	Aparecen en Chile las primeras obras de grava unidas por un conglomerante hidráulico, procedente de la calcinación de algas. Estas obras formaban las paredes de las chozas utilizadas por los nativos.
Año 27 a. C.	Agripa, construye el PANTEÓN de Roma, el cual fue destruido por un incendio y reconstruido posteriormente por Adriano en el año 120 d. C. y que desde entonces desafió el paso del tiempo sin sufrir daños, hasta que en el año 609 se transformó en la iglesia de Santa María de los Mártires. Su cúpula de 44 metros de luz está construida de concreto y no tiene más huecos que un lucernario

situado en la parte superior. Esta cúpula se encuentra aligerada por medio de casetones.



Figura 15: PANTEÓN en Roma.

Tras largo tiempo de no ser empleado el concreto, John Smeaton vuelve a emplearlo en la reconstrucción del Faro de EDDYSTONE ubicada en la costa sur oeste de Inglaterra, estudiando el compartimiento de mezclas de calizas impurificadas con arcillas, en la fabricación de morteros, descubriendo que de éstos, los mejores eran los que poseían una proporción importante de arcilla. Este es el primer paso en el empleo de la materia prima actual de los cementos.



Figura 16: Faro de EDDYSTONE.

- 1796 Parker, J. patenta en Inglaterra un método para fabricar cemento hidráulico por calcinación de nódulos de cal, con alto contenido de arcilla. A este cemento se le conoció con el nombre de "cemento romano".
- 1817 Vicat, L. es considerado el creador del cemento, a él se debió el sistema de fabricación que se sigue empleando en la actualidad. Publicó trabajos importantes en 1818 y 1828 sobre la dosificación del cemento por medio de mezclas de calizas y arcillas, dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente. Vicat empleó el sistema de vía húmeda para la fabricación del cemento, con el que marcó el inicio del actual proceso de fabricación. Vicat comienza en 1853 a estudiar la acción destructiva del agua de mar sobre morteros y concretos. Saint – Leger con orientaciones de Vicat patenta el proceso de fabricación de la cal hidráulica, calcinando carbonado de calcio y arcilla a temperatura del orden de los 1000 °C.
- 1824 Joseph Aspdin, patenta en Inglaterra un proceso de fabricación de la cal hidráulica que difiere del proceso de Saint – Leger, al aumentar considerablemente la temperatura de calcinación, obteniendo un producto de significativas características superiores, compensando el aumento de su elevado costo energético. De esta forma se logró obtener un producto final de mayor valor hidráulico y de resistencia mecánica más elevada. El adherente así obtenido recibió el nombre de CEMENTO PORTLAND, ya que, una vez que se mezcla con agua y se endurece, resulta una masa pétreo semejante en color, solidez y durabilidad a una grava calcárea de la Isla de Portland en Inglaterra. En Francia, Vicat publica varios informes en el que lo sitúan como precursor de los conocimientos actuales sobre la importancia de la cantidad de agua de mezclado y de la granulometría de la arena en la resistencia de la argamasa; hizo

consideraciones sobre los inconvenientes del exceso o insuficiencia de la cantidad de arena en una argamasa, resaltando la importancia de su finura, recomendando, la mezcla de arenas finas y gruesas, lo cual lo consideró ventajoso, estableciendo así las reglas clásicas de la composición granulométrica, que fueron más tarde cuantificadas. Vicat expone, además, la influencia de la compacidad en la resistencia de los conglomerados y los inconvenientes del exceso de agua y de las consistencias muy fluidas, anticipando el significativo predominio de la relación agua/cemento sobre las propiedades de los conglomerados, comprobados posteriormente por Feret y Abrams. De esta forma, él logra obtener un producto final de mayor valor hidráulico y de resistencia mecánica más elevada.

- 1830 Rodelet por esos años afirma que la naturaleza de la arena no tiene importancia fundamental en la resistencia del mortero, porque sólo su finura interviene de forma significativa en su calidad final. Preconiza el empleo de arenas tan gruesas como sea posible, compatible con los espesores de recubrimiento y de las juntas de revenimientos de los componentes de albañilería.
- 1884 – 1885 Ransome, F. descubrió el horno horizontal rotatorio de elevada producción continua, usado en la actualidad. Anteriormente, se habían usado los hornos verticales intermitentes y en 1884 se usaron los hornos continuos hasta llegar al uso del horno horizontal rotatorio.
- 1887 Le Chatelier, H. a través de observaciones efectuadas en el microscopio óptico, empleando la técnica semejante a la usada en mineralogía y petrografía, determina cuales son los componentes presentes en el cemento Portland e indica cómo se producen las reacciones químicas principales. De este trabajo fundamental de

Le Chatelier se derivan los trabajos actuales sobre la química del cemento.

1893 Michaelis critica la teoría de fraguado de Le Chatelier al plantear que en el proceso de fraguado se forman cristales. Ambas teorías coloides y cristaloides son aceptadas en la actualidad y son las bases de las teorías de hidratación del cemento. Le Chatelier observa ya, por ese tiempo, la importancia del silicato y aluminato tricálcicos en la resistencia del cemento hidratado, así como la baja hidráulica del silicato bicálcico.

1929 Bogue, R. H. propuso la fórmula clásica para obtener, en primera aproximación, la composición química potencial del cemento Portland a partir de los resultados del análisis químico convencional – Método Gravimétrico universalmente reconocido hasta la actualidad.

2.5.4.3 Desarrollo histórico de la dosificación del concreto (Fuente: O'Reilly, V. A. 2007).

Fecha

Estado del conocimiento

1881 Preauveau presentó un método de dosificar los morteros y el concreto. Propuso fuera determinado el volumen de vacío de la arena y que el volumen de pasta aglomerante para llenar éste sea un 5 % superior al volumen de vacíos encontrados en este agregado. A continuación, se debe determinar el volumen de vacío del agregado grueso, a partir de la cual se calcula el volumen de morteros como un 10 % superior al volumen del vacío del agregado grueso, anticipándose al método de la granulometría discontinua, enunciado en 1927 por Lecler Du Sablon.

1888 Alexandre, P. estudia la influencia del agua en la resistencia a compresión de las argamasas y la divide en dos partes. La primera

destinada a formar la pasta de cemento y la otra para mojar la arena, estableciendo el concepto de agua de mojado, llegando a formular el coeficiente para el cálculo del agua de mojado en función de las dimensiones de las partículas de arena.

1892 Feret, R. jefe del Laboratorio de "Ponts et Chaussees" de Francia, fue el primero en realizar los estudios del proporcionamiento racional de los componentes de una mezcla de concreto. Feret descubrió la Ley Fundamental que relaciona la resistencia del mortero con su compacidad. Estudió mezclas con el mismo cemento, la misma arena, la misma edad y condiciones de curado, verificando experimentalmente que la resistencia a compresión del mortero, inicialmente plástico, está en función solamente de la relación del volumen absoluto de agua, más el volumen de vacíos del mortero, con la del cemento.

1896 Feret, R. perfecciona su modelo matemático que correlaciona la resistencia a la compresión con el volumen de agua y de vacíos, proponiendo la siguiente expresión:

$$f_{cj} = K_1 [C_{abs} / (1 - M)]^2 \dots\dots\dots (19)$$

Siendo:

- f_{cj} = Resistencia a la rotura por compresión del mortero a "j" día de edad.
- K_1 = Constante que depende de la naturaleza de los materiales, de la edad y de las condiciones de curado.
- C_{abs} = Volumen absoluto de cemento por unidad de volumen del mortero.
- M = Volumen absoluto de agregado fino por unidad de volumen de mortero.

- 1901 Füller, W. B. con motivo de la construcción de varios tanques para agua, en el estado de New Jersey de los Estados Unidos, verificó experimentalmente que a partir de la curva granulométrica del agregado total, conducían a concretos de máxima compacidad y resistencia a compresión y propuso una ecuación que representa el fenómeno.
- 1907 Füller, W. junto a Thompson, S. E. establecieron una serie de reglas para el proporcionamiento de los materiales constituyentes del concreto. A Füller y Thompson, se les consideran en los primeros en defender la importancia de aplicar la composición granulométrica de los agregados en la dosificación del concreto, seguidos posteriormente por Bolomey.
- 1918 Abrams, D. A. fue el que realizó uno de los aportes de mayor significación al estudio de la dosificación del concreto al estudiar un gran número de pruebas y analizar más de 50000 testigos de concreto. Anuncio la siguiente ley "Dentro del campo de los concretos plásticos, la resistencia a los esfuerzos mecánicos, así como las otras propiedades del concreto endurecido, varían en relación inversa a la relación agua – cemento".
- Abrams, introduce el término "MÓDULO DE FINURA", que propuso para representar por medio de un solo índice, la distribución granulométrica de los agregados.
- 1922 Abrams, D. A. también introduce la noción de la trabajabilidad del concreto y propuso la medida de su consistencia a partir del abatimiento de un cilindro de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Más tarde, en 1922 lo modificó por un tronco cónico truncado de 30 cm de altura, 20 cm en la base inferior y 10 cm en la base superior.

1923 Talbot, A. N. y Richart, F. E. dos investigadores de la Universidad de Illinois cuestionan en este año la validez del modelo de Abrams. Ellos, como Feret defendieron que la magnitud total de los vacíos en el concreto (espacios ocupados por el aire y el agua) son los que determinan su resistencia final. Planteaban que dentro de ciertos límites, la resistencia del concreto era la misma que la de su mortero, ya que el agregado grueso sólo actuaba como relleno inerte. Con el advenimiento del concreto de consistencia seca y la incorporación de aire en éste, se comprueba que la teoría de Abrams sólo se ajusta a concretos plásticos y de bajo porcentaje de aire incorporado y requiere de ajustes cuando no se trata de estos concretos.

1925 Bolomey introdujo el uso de la trabajabilidad en el concreto, proponiendo el empleo de las curvas granulométricas ideales elaboradas por Füller y Thompson. Él, plantea unas ecuaciones para la determinación de la resistencia del concreto que es la más difundida internacionalmente, al considerar que la característica de forma de los agregados tiene una marcada influencia en la resistencia final del concreto que se diseña.

$$R_h = R_c \cdot K (1/w - 0,5) \dots\dots\dots (20)$$

Siendo:

R_h = Resistencia a la rotura por compresión del concreto establecido por proyecto a una edad determinada en kg/cm^2 .

R_c = Resistencia a la rotura por compresión del cemento en kg/cm^2 .

K = Coeficiente empírico prefijado de acuerdo al tipo y graduación de los agregados.

w = Relación agua – cemento en peso del concreto.

- 1927 Du Sablon, L. publica los siguientes principios contra la granulometría continua:
- Cuanto más uniformes fueron las dimensiones de los granos, mayor fue la compacidad, en el concreto obtenido de la mezcla de ese agregado con el mortero.*
- El máximo de compacidad fue obtenido cuando el volumen de mortero fue del 35 % superior al volumen de vacíos del agregado.*
- Debe existir una relación de 2,5 entre la mínima dimensión del agregado grueso y la máxima dimensión del agregado fino.*
- 1931 Lyse, I. realiza este año, su contribución al diseño de los concretos, demostrando que dentro de ciertos límites es posible considerar la masa de agua por unidad de volumen de concreto como la principal determinante de la consistencia del concreto fresco, cualquiera que sea la proporción de los demás materiales de la mezcla. Esta verdad se verifica siempre que sean mantenidos materiales de la misma naturaleza, con granos de la misma forma, textura y tamaño máximo. Lyse sugiere además, emplear en la Ley de Abrams la relación agua – cemento en masa y no en volumen como originalmente propuso Abrams.
- 1937 Caquot establece la ley de variación de los índices de vacíos de una composición granulométrica, como el inverso de la raíz quinta de la máxima dimensión del inerte y anuncia el principio del efecto pared.
- 1941 Faury incorporando los estudios de Caquot y Bolomey, propuso un método de diseño basado en una curva granulométrica que consideraba el efecto pared y la trabajabilidad del concreto.

- 1944 Respecto al año indicado, Rivva López (**Rivva, E. 1992**), declara que el *American Concrete Institute*, aprueba y publica en los Estados Unidos de América el texto elaborado en el año 1936 por su comité 613. Esta publicación resulta ser el primer documento normativo consensual para la América sobre dosificación del concreto. El título de esta publicación es la que a continuación sigue: "**RECOMMENDED PRACTICE FOR THE DESIGN OF CONCRETE MIXED (ACI 613 – 44)**". Esta recomendación incluye un conjunto de pasos para el diseño de mezclas de concreto por el método de los volúmenes absolutos, basándose en la selección de la relación agua – cemento, en la resistencia deseada, y en las condiciones de servicios. Una nota de pie de página en esta recomendación indicaba "cuando el contenido de aire es apreciable, como en los casos en que se emplea agentes incorporadores de aire, debe efectuarse una adecuada compensación considerando al aire como reemplazando a un volumen similar de arena".
- 1948 L'Hermite, destacado investigador francés propuso el conocimiento del concreto fresco a partir de sus constantes reológicas, correlacionándolas con las propiedades del concreto endurecido.
- 1952 Joisel, A. propuso un complejo método fundamentado en la granulometría continua de Füller, que tenía en cuenta: trabajabilidad, efecto pared, consumo de cemento, agua, compacidad del concreto y área específica de la mezcla. Por su complejidad de aplicación no se difundió.
- 1954 El American Concrete Institute, realiza la primera revisión del documento elaborado por el Comité 613 y publicado en 1944. Tras esta revisión se reemplaza la recomendación del año 1944. La nueva (ACI 613 – 54), incluye procedimiento para el diseño

directo de concretos con y sin aire incorporado e igualmente reemplaza el procedimiento de seleccionar el porcentaje de agregado fino sobre la base de una variedad de factores por el de emplear el coeficiente b/b_0 para determinar la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), manifiesta que *"en este procedimiento se toma en consideración la angulosidad y el contenido de vacíos del agregado grueso en la densidad de masa seca compactada del volumen de agregado, y el peso del agregado grueso en la unidad cúbica del concreto es calculado multiplicando el factor b/b_0 por la densidad de masa seca compactada. Sin embargo es discutible la apreciación de considerar constante la cantidad de agregado grueso para diferentes contenidos de cemento, asentamientos y concretos con y sin aire incorporado"*.

También en ese mismo año 1954, en Londres, la Asociación de Cemento y Concreto, promueve el Symposium on Mix Design Quality Control of Concrete, rescatando la importancia de la contribución de los ingleses en esta esfera. En este evento se presentó una revisión del estado del conocimiento de la época, sobre el control de la calidad del concreto, actualizando los criterios sobre el diseño del concreto, sobre la base de la resistencia especificada en el proyecto estructural y se resaltó el diseño del concreto, tomando como base los datos estadísticos, abriendo mayor perspectiva del conocimiento de la probabilidad del colapso de las estructuras.

Desde ese evento, se presentan aplicaciones en modelos estadísticos adecuados que representan los fenómenos relacionados con la calidad del concreto. Muestra la influencia de escoger la resistencia de diseño y define y adopta la desviación

promedio, como parámetro de valoración del rigor de la producción del concreto una vez que se acredita, y no el coeficiente de variación, definido por los investigadores de la época.

1955 De Lochhan, M. G. inventa la máquina moldeadora sobre banco de losas ahuecadas, que se producen con concreto vibro compactado. En 1960, en Canadá la sociedad SPIROLL desarrolla una máquina original para producir esta losa por vibración del concreto y permite el uso de bajas relaciones agua – cemento. Se difunde por Europa el uso de esta tecnología para la producción de diferentes elementos prefabricados.

1958 Walz, K. publica en Alemania, recomendaciones para la dosificación y producción de concretos con propiedades específicas, mediante curvas que correlacionan la resistencia del cemento con la del concreto, exponiéndose en la norma DIN 1045 a partir del año 1970.

1965 Se obtienen en los Estados Unidos, los primeros concretos de alta resistencia, con resistencias a compresión superiores a 50 MPa.

Hoy en día se han obtenido en diversos países, elementos estructurales en edificios altos, fundamentalmente columnas, concretos con resistencias de 90 MPa y 120 MPa.

1970 Powers, T. C. realiza aportes significativos en el campo de los estudios del concreto que constituyen la base a su vez de estudios para el desarrollo de múltiples investigaciones realizadas por otros científicos dedicados al concreto.

Rivva López (**Rivva, E. 1992**), declara que el *American Concrete Institute*, revisa la recomendación ACI 613 – 54 y la reemplaza

por la ACI 211 – 71 "RECOMMENDED PRACTICE FOR SELECTING PROPORTIONS FOR NORMAL WEIGHT CONCRETE", la cual ha experimentado diversas modificaciones hasta el año 1985. Este documento toma en consideración muchos conceptos.

Asimismo, el citado ingeniero declara que *en la actualidad el Comité 211 ha preparado recomendaciones para concretos normales, sin asentamiento, livianos, pesados y ciclópeos. Revisiones continuas de estas recomendaciones se realizan para proporcionar estándares que respondan a las diversas y crecientes necesidades de la industria de la construcción.*

1970 y 1972

Se origina el concepto de CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (HCR) en la conferencia Engineering Foundation, efectuadas en Aislomar California, que no es más que el concreto vibro – compactado.

1978

O'Reilly, V. A.[†] después de largos años de estudios e investigaciones, logra un nuevo MÉTODO DE DOSIFICAR CONCRETO DE BAJA CONSISTENCIA, en la que intervienen:

La influencia de las características de forma de los agregados gruesos.

Establece una nueva forma de determinar las proporciones de los agregados finos y gruesos.

Incluye en su ecuación, de forma directa la influencia de la consistencia del concreto en su resistencia, lo cual se logra por primera vez en una ecuación.

Hace la determinación de la cantidad de agua para una consistencia requerida de forma más exacta y racional.

El método garantiza los parámetros que se exigen para lograr la durabilidad del concreto.

1983

O'Reilly, V. A.[†] ante la inexistencia de un método universal para dosificar el Concreto de Alta Consistencia que se compacta por vibración, creó uno de forma científica, después de muchos años de investigación y pruebas en la producción de construcciones, basado en:

Medición de la consistencia del concreto siempre con el consistómetro Vebe.

Establece una nueva forma de determinar las proporciones óptimas de los agregados finos y gruesos.

Determina la cantidad de pasta de cemento que requiere la consistencia y resistencia, de un concreto exigido y que será compactado con un equipo predeterminado, cuya aceleración está especificada.

Determina la característica de forma de los agregados gruesos que se empleen.

Metha, P. K. y Aitcin, P. C. introducen el término CONCRETOS DE ALTO DESEMPEÑO, HAD, para calificar las mezclas de éste. Tienen tres características: Gran trabajabilidad, alta resistencia y gran durabilidad.

La primera diferencia fundamental entre el concreto de alta resistencia y el concreto de alto desempeño, es el requisito obligatorio de la durabilidad en el caso del HAD.



Figura 17: Torres Petronas, Kuala Lumpur Malasia 1997.
Una expresión del uso del Concreto de Alto Desempeño.

2.6 HIPÓTESIS A DEMOSTRAR.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha propuesto la siguiente HIPÓTESIS:

Con la aplicación del "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" y "Método físico – matemático propuesto por Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz, para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos", se conseguirá, en contraste con la aplicación del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", acertadas resistencias a la rotura por compresión con ahorros considerables de cemento (no menor al 10 %) en la producción de concretos con influencia directa de su plasticidad, así como concretos más compactos y menos porosos, empleando agregados de nuestra región con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales, caso agregados que no tienen granulometría adecuada o agregados con contenidos de partículas de forma inadecuada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES UTILIZADOS.

3.1.1 Recursos humanos.

Un graduando de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Un Asesor. Ingeniero Civil graduado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Magister en Docencia Universitaria. Doctor en Gestión y Planificación. Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Un Co – Asesor. Profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], Ingeniero Civil graduado en la Universidad de La Habana. Máster en Ciencias en el Instituto Superior Politécnico de La Habana. Doctor en Ciencias Técnicas graduado en la Universidad Técnica de BRNO Checoslovaquia.

3.1.2 Recursos materiales.

3.1.2.1 Descripción de la cantera utilizada.

Un aspecto relevante para la continua producción de concreto lo constituye la investigación, la cuantía tras la certificación de calidad y el aprovechamiento de canteras.

Las canteras son depósitos geológicos de donde se extrae agregados, para ser aprovechados en la producción de concretos.

Conforme a su origen, las canteras pueden ser fluviales, aluviales, coluviones, etcétera. Los agregados que se emplearon en este trabajo provienen de cantera de cerro.

Cantera de cerro "Tioyacu" de la fábrica de cemento "Cementos Selva S. A."



Fotografía 1: Vista panorámica de la cantera de cerro "Tioyacu". Fuente: Elaboración propia.

Ubicación: Esta cantera se delimita en el distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín, próximo al centro poblado rural Santa Fe, en la zona de concesiones mineras, cuyos lados de área forman un cuadrado alineado con dirección Este y Norte, de 1 kilómetro de lado, con las siguientes coordenadas UTM, zona 18 – PSAD 56:

Vértices	Norte	Este
1	9334000,00	248000,00
2	9333000,00	248000,00
3	9333000,00	247000,00
4	9334000,00	247000,00

Esta cantera, cuya extensión es de 100 hectáreas y que está compuesta por sustancias no metálicas (roca caliza), forma parte de la Concesión Minera EDVO, concesión otorgada con Resolución de Presidencia N° 1439 – 2007 – INGEMMET/PCD/PM, de fecha 27 de septiembre del 2007.

Accesibilidad: Se accede al lugar desde la ciudad de Moyobamba por la carretera Fernando Belaunde Terry (otrora "Marginal de la Selva") pasando por la ciudad de Rioja, antes de llegar a la ciudad de Nueva Cajamarca, a la margen izquierda desde el kilómetro 468, se ingresa por una carretera afirmada que limita con la industria "Cementos Selva S. A.", que

nos traslada hacia el centro poblado de Santa Fe, a unos 5,1 kilómetros aproximadamente de la carretera Fernando Belaunde Terry, antes de llegar a este centro poblado se ubica el terreno de pertenencia de ELDON DAVID VALLE OQUENDO, titular de la Concesión Minera y área de explotación.

Condiciones ambientales: Las condiciones ambientales del área de incidencia directa de la cantera se encuentra a una altura aproximada respecto al nivel medio del mar de 875 metros, presenta un relieve accidentado, forma parte de las estribaciones de la Cordillera Oriental, cordillera en donde la erosión hídrica se ha manifestado intensamente dando lugar a un modelado abrupto con montañas de laderas empinadas. Este ámbito geográfico se caracteriza por presentar dos tipos de clima: a) Clima templado moderado lluvioso; y b) Clima de selva tropical permanentemente húmedo.

La precipitación media anual es superior a los 1000 milímetros; se presenta alta humedad atmosférica durante todo el año; se percibe dos estaciones perfectamente definidas de acuerdo con las precipitaciones manifestadas: una seca, generalmente de mayo a septiembre – octubre, y una lluviosa de diciembre hasta abril.

Geología: Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (**INGEMMET. 1995 – 1998**), estratigráficamente la Concesión Minera y el área de explotación, se desentierran sobre el Grupo Pucará (Triásico – Jurásico), el mismo que es una secuencia de origen marino que emerge ampliamente en el flanco occidental del Valle del Alto Mayo, la misma que se observa en forma de cadenas montañosas que siguen un rumbo andino NO – SE.

La litología de este grupo está formada principalmente por calizas grises de grano medio a grano fino, calizas dolomitas de color gris claro, con delgados niveles de areniscas y lutitas bituminosas de color gris a negro en el centro. Se presentan en estrato masivo a capas delgadas, denso a compacta, muy fracturada en el tope, con inclinaciones de 35° a 45°. Estas calizas, son el material que a la fecha viene siendo explotado por la empresa cementera "Cementos Selva S. A." en el sector "Tioyacu".

Explotación: Esta actividad se realiza a tajo abierto y la producción diaria aproximada es de 800 toneladas. Para la explotación, se hace uso de explosivos en cantidades mínimas por tratarse de roca caliza.

Las voladuras se realizan en un número de 4 veces por mes con un intervalo de 15 días, de preferencia en los fines de semana.

3.1.2.2 Tipo de cemento utilizado.

Considerando que el CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland Compuesto), es el cemento que por su precio y disponibilidad es el que a la fecha se utiliza en nuestro medio y gran parte de los departamentos de San Martín y Amazonas y determinadas zonas del departamento de Loreto, respecto a otras marcas que se producen en el Perú. Por este hecho, es que se manejó este producto en el desarrollo de este trabajo de investigación.



Figura 18: CEMENTO EXTRAFORTE ICo. Fuente: CEMENTOS SELVA S. A.

El CEMENTO EXTRAFORTE ICo, es un cemento adicionado de uso general recomendado para columnas, vigas, losas, cimientos y otras obras siempre que éstos no se encuentren en ambientes húmedos – salitrosos. Las adiciones minerales utilizadas en su fabricación le añaden ciertas propiedades de valor agregado, otorgándole características especiales. Además, este cemento se vale de cantidades menores de clinker en su fabricación, lo que da como resultante una menor emisión de gases contaminantes. Este tipo de cemento es producido por la industria "Cementos Selva S. A." (subsidiaria de "Cementos Pacasmayo S. A. A."), la misma que se localiza en el distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín; y desde que marcó su operatividad como empresa pública en

el año de 1998 y como empresa privada desde el año 2000 ha venido produciendo anualmente considerables cantidades de cemento. A la fecha esta industria tiene capacidad de producir un promedio de 440000 toneladas métricas anuales de cemento.

Tabla 9

Composición química y propiedades físicas del CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland adicionado).

Composición química		CSSA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	1,5	Máximo 6,0
SO ₃	%	3,2	Máximo 4,0
Propiedades físicas		CSSA	Requisito NTP 334.090
Contenido de aire	%	3	Máximo 12
Expansión en autoclave	%	0,09	Máximo 0,8
Superficie específica	cm ² /g	4950	No especifica
Retenido en M 325	%	3,6	No especifica
Densidad	g/ml	3,00	No especifica
Resistencia a la rotura por compresión			
Resistencia a los 3 días	MPa (kg/cm ²)	22,1 (225)	Mínimo 13,0 (Mínimo 133)
Resistencia a los 7 días	MPa (kg/cm ²)	27,4 (279)	Mínimo 20,0 (Mínimo 204)
Resistencia a los 28 días	MPa (kg/cm ²)	33,4 (341)	Mínimo 25,0 (Mínimo 255)
Tiempo de fraguado			
Fraguado inicial	Minutos	174	Mínimo 45
Fraguado final	Minutos	299	Máximo 420

Fuente: CEMENTOS SELVA S. A.

Los resultados mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 1 de junio al 30 de junio del año 2015.

Las ventajas de utilizar el CEMENTO EXTRAFORTE ICo, son:

Desarrolla en el tiempo mayores resistencias a la rotura por compresión debido a sus adiciones activas.

Asimismo, genera moderado calor de hidratación y expone mejor trabajabilidad.

La aplicación de este tipo de cemento se da a obras de concreto simple y obras de concreto armado en general, morteros en general, pavimentos rígidos y cimentaciones y estructuras de concreto masivo.

3.1.3 Recursos de equipos.

Una serie de tamices estándar ASTM para agregados y concreto. Los tamices que se emplearon son: 75 μm (N° 200); 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 1,70 mm (N° 12); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 6,3 mm (1/4 de pulg); 9,5 mm (3/8 de pulg); 12,5 mm (1/2 de pulg); 19,0 mm (3/4 de pulg); 25 mm (1 de pulg); 37,5 mm (1 1/2 de pulg) y mayores.

Un agitador mecánico de tamices estándar ASTM para agregados con temporizador.

Un horno ventilado con capacidad de mantener la temperatura alrededor de la muestra a 110 $^{\circ}\text{C} \pm 5 ^{\circ}\text{C}$.

Balanzas digitales de distintas capacidades.

Mesa para pesadas hidrostáticas con depósito estanco adecuado para sumergir la cesta con malla de alambre con abertura no mayor o igual al tamiz N° 6 para contener el agregado grueso en el agua.

Picnómetro de vidrio de 1000 cm³ de capacidad; frascos volumétricos (matraces de vidrio neutro) de 500 cm³ de capacidad calibrados hasta 0,1 cm³ a 20 °C; molde cónico metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura; barra de metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro; cesta con malla de alambre con abertura no mayor o igual al tamiz N° 6.

Recipientes de medida (cilindros metálicos con asas) para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados.

Máquina de Los Ángeles para medir la resistencia a la abrasión de los áridos o agregados; incluye esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro con una masa comprendida entre 390 g y 445 g.

Calibre proporcional del tipo "PASA NO PASA".

Máquina de ensayo con capacidad de sostener una velocidad de carga uniforme y continua para determinar el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Moldes cilíndricos hechos con materiales no absorbentes para la elaboración de especímenes de hormigón (concreto) de 6" x 12".

Cono de Abrams, base de chapa galvanizada, pieza para enrasado y medición y barra compactadora de acero liso de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica.

Platos de refrentado con guías de alineación; olla de fundición para el mortero de azufre; material de refrentado (mortero de azufre).

Stock de la solución y la solución de trabajo para determinar el equivalente de arena; cilindro graduado transparente de plástico acrílico; tapón de jebe; tubo irrigador; dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón; lata cilíndrica de 57 mm (2 ¼ de pulg) de diámetro

con capacidad de $85 \text{ mL} \pm 5 \text{ mL}$; embudo de boca ancha; agitador de operación manual; papel filtro Whatman N° 2V o equivalente.

Reactivos químicos y aparatos diversos para ejecución de ensayos químicos sobre agregados.

Recipientes de muestreo y mezclado de fondo plano y de metal grueso, de profundidad conveniente y capacidad suficiente para permitir el mezclado fácil de tandas completas de mezclas de concreto.

Carretilla; palana; cucharas de metal o espátulas de tamaño conveniente; envases que no son afectados por el calor y con suficiente capacidad para contener muestra sin peligro de derrame; lonas; martillo de goma de aproximadamente $600 \text{ g} \pm 200 \text{ g}$; plancha de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor; termómetro con lecturas de $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ y grasa similar a las empleadas en bombas de agua o chasis.

3.1.4 Otros recursos.

Una cámara fotográfica de película con formato de 35 mm y un lente normal.

Papel negro de 18 cm x 27 cm, que al ser iluminado define correctamente los contornos de las partículas del agregado grueso.

Papel mate con formato de 16 cm x 24 cm. Alternativamente, se puede emplear papel transparente o láminas de acetato.

Reloj con lecturas en minutos y segundos.

3.2 MÉTODOS.

3.2.1 Tipo y nivel de la investigación.

La investigación es del tipo EXPERIMENTAL APLICATIVO con nivel CIENTÍFICO BÁSICO, dado a que en laboratorios se plasmó experimentos apoyados en una investigación científica para luego ser confrontados y explicados de acuerdo con los objetivos trazados en el presente trabajo.

3.2.2 Universo y muestra.

El universo está integrado por todos los agregados finos y gruesos de las canteras de las provincias de Moyobamba y Rioja (valle del Alto Mayo) u otras provincias de la región San Martín, república del Perú.

La muestra está representada por los agregados grueso y fino de la cantera de cerro "Tioyacu" de la fábrica de cemento "Cementos Selva S. A.", del distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, región San Martín, república del Perú.

3.2.3 Sistema de variables.

3.2.3.1 Variables independientes.

Aplicación del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Aplicación de las técnicas de dosificación del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Resistencia del cemento.

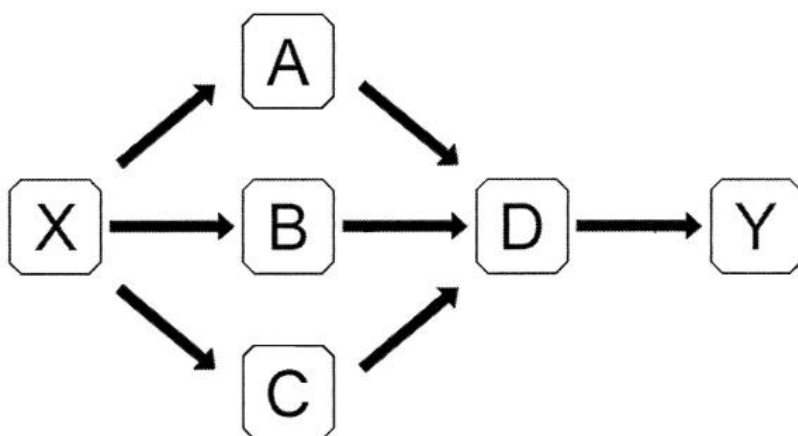
La calidad de los agregados.

3.2.3.2 Variables dependientes.

Resultados de consumo de cemento; resistencia a la rotura por compresión de probetas de concreto; porcentaje de poros capilares en el concreto resultante; grado de densidad del concreto.

3.2.4 Diseño experimental de la investigación.

El diseño de la investigación es el siguiente:



Siendo:

- X = Situación inicial problematizada que requiere la intervención.
- A = Aplicación teórica para el diseño de concretos fabricados de acuerdo a la técnica del Comité 211.1 del American Concrete Institute y técnicas de diseño del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†].
- B = Ejecución de trabajos de laboratorio conforme a los lineamientos de nuestro Reglamento de Edificaciones y nuestras Normas Técnicas Peruanas relacionadas a suelos, agregados y concreto.
- C = Estudios adicionales para complementar la información.
- D = Estudios de compatibilidad de alternativas que respaldarán la toma de decisión para definir la mejor o mejores metodologías de diseño.
- Y = Resultado de la investigación que presenta la validación de la hipótesis enunciada, obteniendo la mejor alternativa para diseño de mezclas de concreto las técnicas del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz versus ACI 211.1.

3.2.5 Diseño de instrumentos.

Se presentan los procesos y rutinas que se proyectó y ejecutó en el presente trabajo, empezando en primer lugar con la adquisición y traslado de los agregados grueso y fino,

para luego y como primera acción hacer toma y preparación de muestras de agregados para en laboratorio y mediante procesos normados cuantificar y valorar sus características físicas, mecánicas y químicas, para seguidamente aplicar no solo las técnicas de diseño de concreto conforme lo especifican sus autores teniendo presente los parámetros de entrada (revenimientos y resistencias a la rotura por compresión), sino también, analizar las particularidades de dichos diseños en fase fresca y fase endurecida.

3.2.5.1 Descripción de ensayos practicados para la valoración de la calidad de los agregados.

La cuantificación y valoración de las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados es de suma importancia en el tratamiento de la información para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto y en los aspectos que el proyectista debe considerar para la exposición que tendrá el concreto concebido con estos agregados durante la vida proyectada de la estructura. Esta cuantificación y valoración se consigue a través del desarrollo de ensayos normalizados a nivel de laboratorio.

El desarrollo de estos ensayos se realizó en el LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y se fundaron en las metodologías que establecen las Normas Técnicas Peruanas relacionadas a suelos y agregados. Ensayos complementarios se desarrollaron en laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería de la ciudad de Lima, en el laboratorio de la Estación Experimental del Proyecto Especial Alto Mayo de la ciudad de Nueva Cajamarca, en el laboratorio de la Empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba y en las instalaciones de la Planta de Concreto Premezclado de Cementos Pacasmayo en la ciudad de Tarapoto. Seguidamente, se narra cada uno de estos métodos.

Suelos. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino (NTP 339.146).

Este método de ensayo sirve como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos

arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N° 4 (4,75 mm).

El término "equivalente de arena", expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 1 (Equivalente de arena del agregado fino) y en la Tabla 32.

Aparatos:

Se empleó un cilindro graduado transparente de plástico acrílico con tapón de jebe, un tubo irrigador, un dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón.

Lata de medición: Se empleó una lata cilíndrica de aproximadamente 57 mm (2 ¼ pulg) de diámetro, con una capacidad de 85 mL \pm 5 mL.

Se empleó un tamiz N° 4 (4,75 mm).

Se empleó un embudo de boca ancha, para transferir los especímenes de ensayo dentro del cilindro graduado.

Botellas, dos de 3,8 L (1 galón) para almacenar el stock de la solución y la solución del trabajo.

Platillo plano, para mezclar.

Reloj con lecturas en minutos y segundos.

Fuente de calor: Horno ventilado con capacidad de mantener la temperatura alrededor de la muestra a 110 °C \pm 5 °C.

Papel filtro, Whatman N° 2V o equivalente.

Reactivos y materiales:

Stock de solución: Conformado por cloruro cálcico anhidro (454 g de grado técnico), glicerina USP (2050 g) y formaldehído (47 g). Se disolvió los 454 g de cloruro cálcico en 1,9 L de agua destilada. Luego se enfrió a la temperatura ambiente y se filtró a través de papel filtro. Posteriormente se añadió 2050 g de glicerina y 47 g de formaldehído a la solución filtrada, se mezcló bien y se diluyó a 3,8 litros.

Solución de trabajo de cloruro cálcico: Se preparó una solución de trabajo de cloruro cálcico, diluyendo en agua una medida (85 mL \pm 5 mL) total del stock de la solución de cloruro cálcico para 3,8 L (1 galón). Se usó agua destilada para la preparación normal de la solución de trabajo.

Preparación de la muestra:

Se muestreo en concordancia con la Norma Técnica Peruana, el material a ser ensayado.

Se mezcló completamente la muestra y se la redujo por necesidad, usando los procedimientos aplicables en la NTP 339.089.

Se obtuvo como mínimo 1500 g de material pasante el tamiz N° 4 (4,75 mm) de la siguiente manera:

Se separó la muestra en el tamiz arriba anotado por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado por una acción chocante, de tal modo que se mantenga la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie del tamiz. Esta operación de tamizado, se realizó a mano.

Acto seguido, se desmenuzó cualquier grumo de material en la fracción que no pasó el tamiz N° 4 (4,75 mm), empleando para este efecto un mortero y un pisón cubierto de jebe.

Se preparó especímenes de ensayo del material pasante por el tamiz N° 4 (4,75 mm), para tal fin se usó el recipiente de medida.

Posteriormente, los especímenes de ensayo se secaron a masa constante a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 h. Pasado este tiempo, se dejó enfriar el espécimen a la temperatura del cuarto antes de ensayar.

Preparación del aparato:

Se ajustó el dispositivo del sifón a una botella de 1 galón (3,8 L) de la solución de trabajo de cloruro de calcio. Se colocó posteriormente la botella a $91\text{ cm} \pm 3\text{ cm}$ ($36\text{ pulg} \pm 1\text{ pulg}$) sobre la superficie de ensayo.

Se empezó el sifón conectándolo a la parte superior de la botella con la solución mediante un pedazo corto de tubo, mientras se abre el sujetador.

Procedimiento:

Se sifoneó $102\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ ($4\text{ pulg} \pm 0,1\text{ pulg}$) (indicado en el cilindro graduado) de la solución de trabajo de cloruro cálcico en el cilindro de plástico.

Se vertió uno de los especímenes de ensayo en el cilindro de plástico usando el embudo para evitar derramarlo.

Se golpeó ligeramente el fondo del cilindro sobre la palma de la mano varias veces para liberar las burbujas de aire y para conseguir el humedecimiento total del espécimen.

Se ha mantenido al espécimen humedecido y al cilindro de forma no disturbada por $10\text{ min} \pm 1\text{ min}$.

Pasado los 10 min del periodo de humedecimiento, se paró el cilindro y luego se aflojó el material del fondo, invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándole simultáneamente.

Después de aflojar el material del fondo del cilindro, se agitó el cilindro y su contenido por el método manual, método que consiste en sostener el cilindro en una posición horizontal para agitarlo vigorosamente con movimiento horizontal de extremo a extremo.

El cilindro se agita 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos usando un recorrido de 23 cm \pm 3 cm. Un ciclo se define como un movimiento completo de ida y vuelta.

Seguido de la operación de agitación, se colocó el cilindro sobre la parte superior de la mesa de trabajo y se removió el tapón de jebe.

Luego se procedió con la irrigación. Aquí se insertó el tubo irrigador y se aplicó la acción de punzonamiento y giro.

Se mantuvo el cilindro y su contenido de forma no disturbada por 20 min \pm 15 seg. El tiempo se tomó inmediatamente después de retirado el tubo irrigador.

Pasado los 20 minutos de sedimentación, se ha leído y registrado el nivel de la parte superior de la suspensión de finos.

Se determinó la lectura de los finos. Después de tomado la lectura, se colocó el dispositivo de pesado de pie sobre el cilindro y se bajó lentamente dicho dispositivo, hasta que descansa sobre el agregado fino. En este proceso, el indicador no tocó el interior del cilindro. Luego se restó 25,4 cm (10 pulg) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y se registró este valor como la "lectura de arena".

Cálculo:

Se calculó el equivalente de arena al más cercano 0,1 %, como sigue:

$$SE = 100 \times (\text{Lectura de la arena} / \text{lectura de los finos}) \dots\dots\dots (21)$$

Siendo:

SE = Equivalente de arena.

Si el equivalente de arena resulta un número no entero, reportarlo a éste como el siguiente número entero más alto.

Si se promedia una serie de valores de equivalente de arena, promediar los valores de números enteros, determinados como en el párrafo anterior. Si el promedio de esos valores es un número no entero, elevarlo al siguiente número entero más alto.

Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado (NTP 339.185).

Esta norma establece un procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una masa de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

Aparatos:

Balanza: Con sensibilidad al 0,1 % del peso de prueba en cualquier punto del rango de uso. Dentro de cualquier intervalo equivalente al 10 % de la capacidad de la balanza, la indicación del peso deberá tener una precisión dentro del 0,1 % del rango señalado.

Fuente de calor: Horno ventilado con capacidad de mantener la temperatura alrededor de la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Recipiente para la muestra: Envases que no sean afectados por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derrame. Tendrá forma conveniente para que el espesor de la muestra no exceda un quinto de la menor dimensión lateral.

Revolvedor: Cuchara de metal o espátula de tamaño conveniente.

Muestreo:

El muestreo se efectuó conforme lo establece la NTP 400.010, con excepción del tamaño de la muestra. Se dispuso de muestras representativas de la fuente de abastecimiento evaluada con masas no menores a la cantidad anotada en la tabla que a continuación se presenta. Las muestras se protegieron en todo momento contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla 10

Tamaño de la muestra de agregado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado.

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) N° 4	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
25,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185; Agregados. *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado.*

Procedimiento:

Se determinó la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.

Se secó la muestra en un recipiente por medio de la fuente de calor, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula.

Se determinó la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

Expresión de resultados:

Se calculó el contenido de humedad evaporable de la siguiente manera:

$$P = 100 \times (W - D) / D \quad \dots\dots\dots (22)$$

Siendo:

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

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

Nota: El contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido de humedad total evaporable y la absorción, con todos los valores referidos a la masa de la muestra seca.

Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012).

Esta norma instituye el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado. Esta norma se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que son utilizados como tales. Los resultados son utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica

de una obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 2 (Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global) y en las Tablas 28 (Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"), 29 (Curva granulométrica del agregado fino de la cantera "Tioyacu") y 30 (Cálculo del módulo de fineza del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Balanzas: En esta investigación, las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino y en el agregado grueso, tuvieron la siguiente exactitud y aproximación:

Para el agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g o 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. Para el agregado grueso, con aproximación y exacta a 0,5 g o 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices: Los tamices utilizados en la pesquisa, son tamices montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado.

Agitador mecánico de tamices: Este equipo utilizado, imparte un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie de tamizado.

La acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado esté dentro de un periodo de tiempo razonable.

Horno: Se empleó un horno de medidas apropiadas con capacidad de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Muestreo:

Se tomó la muestra de agregado de acuerdo con la NTP 400.010. El tamaño de la muestra ha sido (de manera mínima) la cantidad señalada en la NTP 400.010 o cuatro veces la cantidad señalada en el apartado 7.4 de la NTP 400.012, la que sea mayor.

Se mezcló completamente la muestra y se redujo a la cantidad necesaria para el ensayo utilizando los procedimientos descritos en la práctica normalizada ASTM C702.

La muestra para el ensayo fue aproximadamente la cantidad deseada en estado seco y fue el resultado final del proceso de reducción. No se permitió la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

Para el agregado fino, la cantidad de muestra de ensayo luego de secado fue de 300 g, mínima.

Para el agregado grueso (conforme al apartado 7.4 de la NTP 400.012), la cantidad de la muestra de ensayo de agregado grueso será de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 11

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global para la determinación de la distribución por tamaño de partículas por tamizado.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo en kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50,0 (2)	20 (44)

63,0 (2 ½)	35 (77)
75,0 (3)	60 (130)
90,0 (3 ½)	100 (220)
100,0 (4)	150 (330)
125,0 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012; *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

Procedimiento:

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

Se seleccionaron tamaños adecuados de tamices para obtener la información requerida. El uso de tamices adicionales fue necesario para obtener otra información, tal como el módulo de fineza. Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra sobre el tamiz superior. Se agitó el juego de tamices manualmente y por medio de un aparato mecánico por periodos suficientes, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada.

Se determinó la masa de cada incremento de medida sobre la balanza especificada según el tipo de agregado ensayado aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. Se verificó la masa total del material con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz empleado.

El resultado no se aceptó en el caso de que la cantidad difiera en más de 3 % sobre la masa seca original de la muestra.

Cálculo:

Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1 % más cercano de la masa seca inicial de la muestra.

Se calculó el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulg); 19,0 mm (3/4 de pulg); 37,5 mm (1 ½ de pulg) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

Agregados. Método de ensayo para la determinación cualitativa de cloruros y sulfatos (NTP 400.014).

Esta norma establece un método de ensayo para determinar cualitativamente la presencia de cloruros y sulfatos en agregados que se emplearán en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 3 (Determinación cualitativa de cloruros y sulfatos) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Se empleó tubos de prueba.

Se trató vasos de precipitado.

Se usó embudo de vidrio.

Se empleó varilla de vidrio.

Se utilizó papel filtro Whatman N° 42 o equivalente de 11 centímetros de diámetro.

Reactivos:

Agua destilada.

Solución al 1 % de nitrato de plata (AgNO_3). Se disuelve 1 parte en peso de nitrato de plata en 99 partes de agua destilada.

Solución al 10 % de cloruro de bario (BaCl_2). Se disuelve 10 partes en peso de cloruro de bario en 90 partes de agua destilada.

Solución al 5 % de ácido nítrico. Se disuelve en agua destilada, 5 mL de ácido nítrico ($d = 1,42$) y se lleva el volumen a 100 mL agregando agua destilada.

Solución al 5 % de ácido clorhídrico. Se disuelve en agua destilada, 5 mL de ácido clorhídrico ($d = 1,19$) y se lleva el volumen a 100 mL agregando agua destilada.

Muestra:

Las cantidades de muestra para el ensayo fueron de 100 g para el agregado fino y 500 g para el agregado grueso, tomadas de acuerdo con la norma NTP 400.010.

Procedimiento:

Se colocó la muestra en un vaso de precipitado, se agregó un volumen de agua destilada equivalente al peso de la muestra, se agitó cuidadosamente con una varilla de vidrio y se dejó reposar 24 h. Luego se filtró hasta que desaparezca toda turbidez. Este filtrado es el que se sometió a los ensayos.

Determinación de cloruros: Se tomó 2 mL del filtrado y se vertieron a un tubo de prueba, se acidificó con aproximadamente 1 mL de la solución de ácido nítrico y luego se añadió unas gotas de la solución de nitrato de plata. La correspondiente norma señala, que si el precipitado es blanco lechoso indica la presencia de cloruros.

Determinación de sulfatos: Se tomó 2 mL del filtrado y se vertieron en un tubo de prueba, se acidificó con aproximadamente 1 mL de la solución de ácido clorhídrico y luego se añadió

varias gotas de la solución de cloruro de bario. La correspondiente norma señala, que, si el precipitado es blanco, fino, cristalino, indica la presencia de sulfatos.

Expresión de resultados:

Si en la determinación de cloruros no se produce ninguna reacción (solución transparente) el resultado es negativo. Si la solución se torna ligeramente blanca se considerará como trazas y si se produce un precipitado blanco lechoso la cantidad es apreciable.

Si en la determinación de sulfatos apareciera una cantidad apreciable de precipitado cristalino, es índice de que el contenido de sulfatos es considerable.

Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados (NTP 400.015).

Esta norma técnica establece el procedimiento para determinar de manera aproximada el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados que se emplearán en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros. La aplicación de esta norma conlleva a determinar la aceptabilidad de agregados finos y gruesos en relación con los requisitos que establece la NTP 400.037.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 4 (Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Balanzas: Se empleó una balanza con una exactitud dentro del 0,1 % de la masa de la muestra de ensayo.

Recipientes: Se manejó recipientes inoxidable de tamaño y forma que permitan el esparcido de la muestra sobre su fondo en una capa fina.

Tamices: Se usó tamices que cumplen con las precisiones de la NTP 350.001.

Horno: Se empleó un horno provisto de circulación libre de aire y con capacidad de sostener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Preparación de la muestra:

La muestra de agregado ha sido material retenido en el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200), después de realizado el ensayo de acuerdo con la NTP 400.018.

Las muestras fueron secadas en horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta obtener de ellas masas constantes. Las muestras de ensayo de agregado fino estuvieron comprendidas por partículas retenidas en el tamiz normalizado de $1,18\text{ mm}$ (N° 16). Las muestras tuvieron una masa no menor de 25 g. Las muestras de ensayo de agregado grueso fueron separadas en los tamices normalizados de $4,75\text{ mm}$ (N° 4); $9,5\text{ mm}$ (3/8 pulg); 19 mm (3/4 pulg); $37,5\text{ mm}$ (1 ½ pulg). La masa de la muestra no fue menor a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 12

Masa mínima de la muestra para determinar la presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.

Tamaño de las partículas de la muestra	Masa mínima de la muestra (g)
N° 4 a 3/8 pulg	1000
3/8 pulg a 3/4 pulg	2000
3/4 pulg a 1 ½ pulg	3000
Mayor que 1 ½ pulg	5000

Fuente: NTP 400.015; *Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.*

Procedimiento:

Se pesó la muestra con la exactitud especificada. Luego se esparció en una capa fina sobre el fondo del recipiente, cubriéndole después con agua destilada. El agregado así se remojó en un lapso de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

El desmenuzamiento de los terrones de arcilla y las partículas deleznableles se hizo por compresión y deslizamiento entre los dedos pulgar e índice. La rotura de estos no se efectuó con la ayuda de las uñas ni presionando contra superficies duras, ni entre ellos.

Después de que todos los terrones de arcilla y partículas desmenuzables perceptibles han sido disgregados, se separó los detritos de la muestra restante por tamizado húmedo, sobre el tamiz prescrito en la siguiente tabla:

Tabla 13

Tamices que utilizar para la separación de las partículas en la determinación de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.

Tamaño de las partículas de la muestra	Tamiz a utilizar para la separación de los terrones de arcilla y partículas desmenuzables
Agregado fino retenido sobre el tamiz de 1,18 mm (N° 16)	850 μm (N° 20)
N° 4 a 3/8 pulg	2,36 mm (N° 8)
3/8 pulg a 3/4 pulg	4,75 mm (N° 4)
3/4 pulg a 1 1/2 pulg	4,75 mm (N° 4)
Mayor que 1 1/2 pulg	4,75 mm (N° 4)

Fuente: NTP 400.015; *Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.*

Se realizó el tamizado húmedo haciendo pasar el agua sobre la muestra a través del tamiz mientras éste se agita manualmente, hasta que todo el material de menor tamaño sea removido totalmente.

Posteriormente, se removió con cuidado las partículas retenidas en el tamiz, luego se secó hasta peso constante a la temperatura ya indicada y se enfrió con una aproximación de 0,1 % de la masa de la muestra de ensayo.

Cálculo:

Se calculó el contenido de humedad evaporable de la siguiente manera:

$$P = 100 \times (M - R) / M \dots\dots\dots (23)$$

Siendo:

P = Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla.

M = Masa de la muestra de ensayo.

R = Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado.

Agregados. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio (NTP 400.016).

Esta norma establece una técnica de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Suministra información útil para calificar la alterabilidad de los agregados sometidos a la acción de la intemperie, particularmente cuando no se dispone de información adecuada sobre el comportamiento del material expuesto a condiciones atmosféricas reales.

Este ensayo se ejecutó en el Laboratorio N° 1 – Ensayo de Materiales "Ing. Manuel Gonzáles de la Cotera" de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 5 (Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados (NTP 400.017).

Esta norma establece la determinación de la densidad de masa ("peso unitario") del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como de tamaño máximo nominal. Asimismo, este método de ensayo es a menudo usado para determinar los valores de densidad de masa que son necesarios para usos en muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 6 (Masa por unidad de volumen (peso unitario) compacto o suelto y los vacíos en los agregados) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Nota: Peso unitario es la terminología tradicional usada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, que es peso por unidad de volumen (más correctamente, masa por unidad de volumen o densidad).

Aparatos:

Balanza: En esta investigación, la balanza utilizada tuvo una graduación al menos de 0,05 kg y permitió leer con una exactitud de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso.

Barra compactadora: Se empleó una barra recta, de acero liso de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica, con 16 mm de diámetro.

Recipiente de medida: Se empleó cilindros metálicos con asas. Los moldes son estancos, con tapa y fondo firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y

suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones severas de uso. Los recipientes tienen una altura aproximadamente igual al diámetro y en ningún caso su altura es menor del 80 % ni mayor del 150 % del diámetro.

La capacidad de los moldes empleados dependió del tamaño de los agregados de acuerdo con los límites establecidos en la siguiente tabla. Los bordes superiores de los moldes fueron pulidos y planos dentro de 0,25 mm y paralelo al fondo según lo normado en su fabricación. Las paredes interiores de los moldes empleados fueron pulidas y continuas.

Tabla 14

Capacidad de la medida para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida ^A	
mm	Pulgadas	L (m ³)	p ³
12,5	½	2,8 (0,002 8)	1/10
25,0	1	9,3 (0,009 3)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
100,0	4	70,0 (0,070)	2 ½
125,0	5	100,0 (0,100)	3 ½

^A Los tamaños indicados de los recipientes serán usados para ensayar agregados de un tamaño nominal máximo igual o menor de los listados. El volumen actual del recipiente será al menos 95 % del volumen nominal listado. Fuente: NTP 400.017; *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.*

Cucharón de mano: Se empleó un cucharón de capacidad suficiente para llenar el recipiente con el agregado.

Equipo de calibración: Se utilizó una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor y 25 mm mayor del diámetro del recipiente empleado. Asimismo, se empleó un termómetro con lecturas de 0,5 °C y grasa similar a las empleadas en bombas de agua o chasis.

Muestras ensayadas:

Para ejecutar el respectivo ensayo, se ha extraído y preparado muestras de agregados de acuerdo con la norma NTP 400.010 y reducidas a tamaño de ensayo de conformidad con la NTP 400.043.

Las muestras de ensayo fueron aproximadamente de 125 % a 200 % de la cantidad requerida para llenar el recipiente de medida.

En toda circunstancia se evitó la segregación del agregado en su manipulación.

Asimismo, el agregado cumplió en todo momento el requisito de peso constante, ya que éstos fueron secados en horno a temperaturas de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento de la calibración del recipiente de medida:

Se determinó la masa de la placa de vidrio y recipiente con exactitud de 0,05 kg.

Se colocó una capa delgada de grasa sobre el borde del recipiente para prevenir la fuga de agua del recipiente.

Se llenó el recipiente con agua a la temperatura ambiente y se cubrió con la placa de vidrio de forma tal de eliminar las burbujas y exceso de agua.

Se retiró cualquier molécula de agua que pueda tener sobre fluidez al interior del recipiente o placa de vidrio.

Se determinó la masa de agua, placa de vidrio y recipiente con exactitud de 0,05 kg.

Se midió la temperatura del agua exactitud de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se determinó su densidad de acuerdo con la siguiente tabla, interpolando si es necesario.

Tabla 15*Densidad del agua.*

Temperatura		Kg/m ³	lb/p ³
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
23,0	73,4	997,54	62,274
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

Fuente: NTP 400.017; Agregados. *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.*

Se calculó el volumen "V" del recipiente de medida dividiendo el peso del agua requerido para llenar dicho recipiente entre su densidad. Alternativamente, se calculó el factor del recipiente (1/V) dividiendo la densidad del agua entre el peso requerido para llenar el recipiente de la medida.

Procedimiento:

El procedimiento seleccionado en este trabajo para determinar la densidad de masa compactada fue el "procedimiento de apisonado", dado que los agregados empleados presentaron un tamaño máximo nominal no mayor a 37,5 mm (1 ½ pulg). Este procedimiento obedece los siguientes pasos:

Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano. Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos

uniformemente sobre la superficie. Seguidamente, se llenó las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes.

Finalmente, se llenó a medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla.

Al compactar la primera capa, se procuró no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. Al compactar las dos últimas capas, se empleó un esfuerzo vigoroso, pero no mayor de la que pueda causar penetración de la varilla a la capa previa del agregado.

Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg (0,1 lb). Para determinar la masa por unidad de volumen o densidad suelta del agregado, se empleó el "procedimiento con cucharón". Este procedimiento respeta los siguientes pasos:

El recipiente de medida se llenó con un cucharón hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2 pulg) por encima del borde superior del mismo. El agregado sobrante se eliminó con una regla.

Se determinó la masa del recipiente de medida más su contenido y la masa del recipiente sólo. Las masas se registraron con una aproximación a 0,05 kg (0,1 lb).

Cálculos:

La densidad de masa compactada o densidad de masa suelta se calculó como sigue:

$$M = (G - T) / V \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$M = (G - T) \times F \quad \dots\dots\dots (25)$$

Siendo:

$$M = \text{Densidad de masa del agregado en kg/m}^3 \text{ (lb/p}^3\text{)}.$$

G = Masa del recipiente de medida más el agregado en kg (lb).

T = Masa del recipiente de medida en kg (lb).

V = Volumen de la medida en m^3 (p^3), y

F = Factor de medida en m^{-3} (p^{-3}).

Cabe resaltar que la densidad de masa determinado por este método de ensayo arriba referido es para agregados en la condición de seco.

Para la densidad de masa en la condición de saturado con superficie seca (SSS), se utilizó la siguiente expresión:

$$M_{SSS} = M \times [1 + (A / 100)] \dots\dots\dots (26)$$

Siendo:

M_{SSS} = Densidad de masa en la condición de saturado superficialmente seco, en kg/m^3 (lb/p^3), y

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

El contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado, se calculó como sigue:

$$\% \text{ vacíos} = 100 \times [(S \times W) - M] / (S \times W) \dots\dots\dots (27)$$

Siendo:

M = Densidad de masa del agregado en kg/m^3 (lb/p^3).

S = Gravedad específica de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

W = Densidad del agua, $998 kg/m^3$ ($62,3 lb/p^3$).

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 400.018).

Esta norma establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pase el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregados que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

Cabe resaltar, que en esta norma se exponen dos procedimientos para determinar la cantidad de material más finos que pasa por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200), uno utilizando solo agua para la operación de lavado, y el otro que incluye un agente dispersante para facilitar el desprendimiento del material más fino que pasa el tamiz normalizado arriba anotado.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 7 (Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Tamices: Se utilizó los tamices normalizados de 1,18 mm (N° 16) y el de 75 µm (N° 200). Los tamices utilizados en este trabajo cumplieron con los requisitos de la NTP 350.001.

Recipientes: Se empleó recipientes de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua. Este recipiente permitió desarrollar agitaciones vigorosas sin causar pérdidas de la muestra de agregado ni pérdidas de agua.

Balanza: Se empleó una balanza sensible a 0,1 % del peso medido.

Horno: Se empleó un horno de suficiente tamaño con capacidad de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Agente humectante: En este trabajo no se empleó agente dispersante alguno, tal como, detergentes líquidos para lavar platos, que promuevan la separación de los materiales más finos.

Muestras ensayadas:

Para desarrollar el respectivo ensayo, se ha obtenido muestras de agregados de acuerdo con la norma NTP 400.010. Estas muestras se redujeron a un tamaño adecuado conforme lo especifica la ASTM C702, previo mezclado concienzudo y conforme a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 16

Cantidad mínima de muestra para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado en agregados.

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima en g
4,75 mm (N° 4) o menor	300
9,5 mm (3/8 pulg)	1000
19,0 mm (3/4 pulg)	2500
37,5 mm (1 ½ pulg) o mayor	5000

Fuente: NTP 400.018; Agregados. *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado $75\text{ }\mu\text{m}$ (200) por lavado en agregados.*

Procedimiento:

El procedimiento seleccionado en este trabajo para determinar la cantidad de material más finos que pasa por el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200), fue el de "lavado con agua". Este procedimiento sigue los siguientes pasos:

Se secó la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se determinó la cantidad con una aproximación al 0,1 % de la masa de la muestra de ensayo.

Después de secado y determinado la masa de la muestra, se colocó la muestra de ensayo en el recipiente y se adicionó suficiente agua para cubrirla. No se adicionó detergentes, agentes dispersantes ni alguna otra sustancia al agua de lavado. Se agitó la muestra vigorosamente con el objeto de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200) de las partículas gruesas, y luego se llevó el material fino a la suspensión.

Acto seguido, se vertió inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior, teniendo cuidado en evitar tanto como sea posible, la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

Se adicionó una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitando y decantando como antes. Se repitió esta operación hasta que el agua de lavado quede clara.

Se retornó todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Se secó el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se determinó la masa con una aproximación al 0,1 % de la masa original de la muestra.

Cálculo:

Se calculó la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200) por vía húmeda, tal como sigue:

$$A = [(P_1 - P_2) / P_1] \times 100 \dots\dots\dots (28)$$

Siendo:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (N° 200) por vía húmeda.

P_1 = Masa seca de la muestra original, en gramos.

P_2 = Masa seca de la muestra ensayada, en gramos.

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 400.019).

Esta norma instituye el procedimiento para experimentar agregados gruesos de tamaños menores a 37,5 mm (1 ½ pulg) para establecer la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Ángeles.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 8 (Resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles) y en la Tabla 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Máquina de Los Ángeles: La máquina empleada para el desarrollo de este ensayo, consistió en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, de diámetro interior de 711 mm \pm 5 mm (28 pulg \pm 0,2 pulg) y una longitud interior de 508 mm \pm 5 mm (20 pulg \pm 0,2 pulg).

El cilindro empleado, estuvo montado sobre ejes salientes de sus costados, no pasantes, de tal manera que pueda rotar con el eje en posición horizontal.

Asimismo, el cilindro empleado tuvo una abertura para la introducción de la muestra de ensayo.

Presentó una cubierta hermética al polvo y estuvo provista de medios para atornillarla en su lugar. En el interior presenta una pestaña removible de acero de 25,4 mm de espesor, montada adecuadamente de modo que quede firme y rígida.

Esta pestaña se proyecta radialmente hacia adentro del cilindro en $89 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ($3,5 \text{ pulg} \pm 0,1 \text{ pulg}$) abarcando toda la longitud del cilindro. Esta pestaña se ubica de tal manera que la muestra de ensayo y las esferas de acero no impacten en las cercanías de la abertura y su cubierta.

Tamices: Se empleó tamices que guardan conformidad con la NTP 350.001.

Balanza: Se empleó una balanza con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.

Carga: La carga consistió en esferas de acero de aproximadamente $46,8 \text{ mm}$ ($1 \frac{27}{32} \text{ pulg}$) de diámetro y cada una tuvo una masa comprendida entre 390 g y 445 g.

La carga dependió de la gradación de la muestra de ensayo, así se tuvo que:

Tabla 17

Carga según la gradación de la muestra de ensayo 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.

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019; 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.*

Tabla 18

Graduación de las muestras de ensayo 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.

Medida del tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
		Gradación			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250 ± 25	-	-	-
1"	¾"	1250 ± 25	-	-	-
¾"	½"	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
½"	⅜"	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
⅜"	¼"	-	-	2500 ± 10	-
¼"	N° 4	-	-	2500 ± 10	-
N° 4	N° 8	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019; 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.

Muestras ensayadas:

Para desarrollar el respectivo ensayo, se ha obtenido muestras de campo de acuerdo a la norma NTP 400.010. Estas muestras se redujeron a un tamaño adecuado conforme lo especifica la ASTM C702.

Preparación de las muestras de ensayo:

Se lavó y se secó al horno las muestras reducidas a peso constante, a 110 °C ± 5 °C. Seguidamente, se separó cada fracción individual y se recombino a la graduación conforme a

lo anotado en la tabla anterior, correspondiendo cercanamente al rango de medidas en el agregado conforme para el trabajo. Se registró la masa de las muestras previamente al ensayo con aproximación a 1 g.

Procedimiento:

Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y se rotó a una velocidad de entre 30 a 33 RPM, por 500 revoluciones. Luego de cumplirse las revoluciones, se descargó el material de la máquina y se realizó una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (N° 12) de abertura. Posteriormente, se tamizó la porción más fina que 1,70 mm conforme a la NTP 400.012. Se lavó el material más grueso que la malla de 1,70 mm y se secó al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante, determinando su masa con una aproximación a 1 g.

Cálculo:

Se calculó la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo.

Nota: Según el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**), la prueba de abrasión también se aplica para detectar la presencia de partículas menos duras y resistentes, dentro del conjunto del agregado grueso.

Con este fin la prueba se efectúa en dos etapas, cuantificando la pérdida al cumplirse 20 por ciento de las revoluciones y después al completarse el 100 por ciento.

Si la primera prueba excede del 20 por ciento de la pérdida total, se considera indicativo de la existencia de una cierta proporción de partículas menos resistentes, cuya identificación puede complementarse con un estudio petrográfico simple de la muestra antes y después de la prueba.

Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

La presente norma establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de las partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m^3 se expresa como seca al horno (OD), saturada superficialmente seca (SSD) o como la densidad aparente. Del mismo modo, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, se expresa como OD, SSD o como la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad OD y la densidad relativa OD se determinan después de secar el agregado. La densidad SSD, la densidad relativa SSD y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua para un periodo de duración prescrita.

Asimismo, esta norma se utiliza para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregados y proporciona un valor promedio que representa la muestra.

Se distingue entre la densidad de las partículas de agregado y la densidad aparente de los agregados tal como se determina por la NTP 400.036, que incluye el volumen de vacíos entre las partículas de agregados.

Este método de ensayo no es aplicable a agregados ligeros por cuanto con la inmersión en agua por 24 h, no asegura que los poros se llenen completamente, lo cual es un requisito necesario para poderlo aplicar eficientemente.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 9 (Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso) y en la Tabla 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Balanza: La balanza utilizada en el ensayo, tuvo una sensibilidad de 0,5 g y una capacidad de 5000 g, mínimo. La balanza estuvo equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.

Cesta con malla de alambre: Se empleó una cesta con abertura no mayor o igual al tamiz N° 6.

Depósito de agua: Se empleó un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre conteniendo el agregado en el agua. El depósito empleado, tuvo, además, un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

Tamices: Se empleó el tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4), de acuerdo con la NTP 350.001. Según la circunstancia, se ha previsto el uso de otros tamices menores al señalado a lo alto.

Horno: Se empleó un horno con capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Muestreo:

Se tomó muestras de agregado de acuerdo con la NTP 400.010 y seguidamente se mezcló completamente la muestra y se redujo a la cantidad necesaria para la ejecución del ensayo, utilizando los procedimientos descritos en la práctica normalizada ASTM C702.

Se descartó todo material que pase el tamiz 4,75 mm (N° 4) por tamizado seco y luego se lavó el material para remover el polvo u otras impurezas superficiales.

Asimismo, y ante el posible hecho de que el agregado grueso contenga cantidades importantes de material más fino que el tamiz 4,75 mm (N° 4), se ha previsto el empleo del tamiz de 2,36 mm de abertura (N° 8).

La cantidad mínima de la muestra de ensayo usada fue de acuerdo con lo que indica la siguiente tabla:

Tabla 19

Masa mínima de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de ensayo, en kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 ½)	12 (26)
75,0 (3)	18 (40)
90,0 (3 ½)	25 (55)
100,0 (4)	40 (88)
125,0 (5)	75 (165)

Fuente: NTP 400.021; *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.*

Procedimiento:

Se secó la muestra a masa constante a una temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Después del secado, la muestra se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente por un determinado espacio de tiempo hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C). Seguidamente, se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un periodo de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Se removió la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. En esta etapa del proceso, se tuvo cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie del agregado. Seguidamente, se obtuvo la masa de la muestra bajo la condición de saturado con superficie seca. Se determinó éste y todas las demás masas con aproximación a 0,5 g o al 0,05 % del peso de la muestra, la que sea mayor.

Después de determinado la masa, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su masa aparente en agua a una temperatura entre $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, densidad $997 \pm 2\text{ kg/m}^3$. Se tuvo cuidado en remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente durante la sumersión.

Se secó la muestra hasta masa constante, a una temperatura entre $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente por un espacio de tiempo hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) y se pesó.

Cálculos:

La densidad relativa (gravedad específica) (OD), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica (OD)} = A / (B - C) \dots\dots\dots (29)$$

La densidad relativa (gravedad específica) (SSD), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica (SSD)} = B / (B - C) \dots\dots\dots (30)$$

La densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (A - C) \dots\dots\dots (31)$$

La densidad (OD), se calculó como sigue:

$$\text{Densidad (OD), kg/m}^3 = 997,5 \times A / (B - C) \dots\dots\dots (32)$$

La densidad (SSD), se calculó como sigue:

$$\text{Densidad (SSD), kg/m}^3 = 997,5 \times B / (B - C) \dots\dots\dots (33)$$

La densidad aparente, se calculó como sigue:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = 997,5 \times A / (A - C) \dots\dots\dots (34)$$

La absorción (Ab), se calculó como sigue:

$$Ab = [(B - A) / A] \times 100 \dots\dots\dots (35)$$

Siendo:

A = Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos.

B = Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos.

C = Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos.

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

La presente norma establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de las partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m^3 se expresa como seca al horno (OD), saturada superficialmente seca (SSD) o como la densidad aparente. Del mismo modo, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, se expresa como OD, SSD o como la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad OD y la densidad relativa OD se determinan después de secar el agregado. La densidad SSD, la densidad relativa SSD y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua para un periodo de duración prescrita.

Asimismo, esta norma se utiliza para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregados y proporciona un valor promedio que representa la muestra. Se distingue entre la densidad de las partículas de agregado y la densidad aparente de los agregados tal como se determina por la NTP 400.036, que incluye el volumen de vacíos entre las partículas de agregados.

Este método de ensayo no es aplicable a agregados ligeros por cuanto con la inmersión en agua por 24 h, no asegura que los poros se llenen completamente, lo cual es un requisito necesario para poderlo aplicar eficientemente. Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 10 (Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino) y en la Tabla 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Balanza: Se empleó una balanza con capacidad de 1000 g o más, sensibles a 0,1 g o menos.

Frasco: Se empleó frascos volumétricos de 500 cm³ de capacidad, calibrados hasta 0,1 cm³ a 20 °C.

Molde cónico: Se utilizó un cono metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura para los ensayos superficiales de humedad.

Barra compactadora: Se empleó una barra de metal de 340 ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro para los ensayos superficiales de humedad.

Horno: Se empleó un horno con capacidad de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

Preparación de la muestra:

Se colocó aproximadamente 1000 g del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo. Esta cantidad de agregado se secó a masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luego se dejó enfriarla hasta una temperatura apropiada de manipulación, para después cubrirla y dejarla reposar en agua durante 24 h. Pasado este tiempo y sobre una superficie plana, se extendió dicha muestra dejándola expuesta a una suave corriente de aire tibio, para esto se decantó con cuidado el exceso de agua para evitar la pérdida de finos.

Para garantizar el secado uniforme de la muestra, con frecuencia fue removida. Esta operación de remoción se continuó hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se colocó en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente. Se logró el hecho de que el cono de agregado fino se derrumbe al levantar el molde rectamente. Esta circunstancia indicó que el agregado fino ha alcanzado la condición de saturado con superficie seca.

Procedimiento:

Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500 g del material preparado, se llenó de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 500 cm^3 a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pasado 1 h, se llenó con agua hasta los 500 cm^3 y se determinó la masa total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1 g.

Se sacó el agregado fino del frasco, se secó a masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfrió a temperatura de ambiente en un secador durante $\frac{1}{2}$ h a $1\frac{1}{2}$ h y se registró su masa.

Cálculos:

La densidad relativa (gravedad específica) (OD), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica (OD)} = A / (B + S - C) \dots\dots\dots (36)$$

La densidad relativa (gravedad específica) (SSD), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica (SSD)} = S / (B + S - C) \dots\dots\dots (37)$$

La densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), se calculó como sigue:

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (B + A - C) \dots\dots\dots (38)$$

La densidad (secado al horno), se calculó como sigue:

$$\text{Densidad (OD), kg/m}^3 = 997,5 \times A / (B + S - C) \dots\dots\dots (39)$$

La densidad (saturada superficialmente seca), se calculó como sigue:

$$\text{Densidad (SSD), kg/m}^3 = 997,5 \times S / (B + S - C) \dots\dots\dots (40)$$

La densidad aparente, se calculó como sigue:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = 997,5 \times A / (B + A - C) \dots\dots\dots (41)$$

La absorción (Ab), se calculó como sigue:

$$Ab = [(S - A) / A] \times 100 \dots\dots\dots (42)$$

Siendo:

A = Masa de la muestra secada en el horno, en gramos.

B = Masa del frasco llenado de agua hasta la marca de calibración, en gramos.

C = Masa del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos.

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, utilizado para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), en gramos (500 g).

Nota: Según el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**), "*cuando las rocas constitutivas son de buena calidad y los agregados cumplen requisitos en todos los aspectos especificados, la absorción no suele exceder de 3 por ciento en el agregado grueso ni de 5 por ciento en el agregado fino. Una absorción demasiado alta en los agregados no es una característica penalizable por sí misma, pero puede ser indicio de un desempeño inadecuado de éstos en el concreto*".

Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto (NTP 400.024).

La presente Norma Técnica Peruana establece dos procedimientos para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas no deseadas en los agregados finos a ser usados en concreto y morteros con cemento. Un procedimiento usa una solución de color estándar y el otro usa un vidrio estándar.

El principal valor de este método de ensayo es proporcionar una advertencia sobre la cantidad de impurezas orgánicas no deseadas que pueden estar presentes. Cuando una muestra que está sometida a esta prueba produce un color mayor que el estándar es aconsejable desarrollar la prueba del efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero de conformidad con el método de ensayo NTP 400.013.

Interpretación:

Cuando una muestra sujeta a este procedimiento de ensayo produzca un color más oscuro que el color estándar o el de la Placa Orgánica N° 3 (color del Patrón de Gardner N° 11), se considera que el agregado fino bajo ensayo posiblemente presente contenido de impurezas orgánicas no deseadas. Se exhorta desarrollar pruebas adicionales antes de aprobar el agregado fino para su uso en concreto.

Este ensayo se realizó en el Laboratorio N° 2 – Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 11 (Determinación cualitativa de las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto) y en la Tabla 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Agregados. Método de ensayo para determinar el porcentaje de poros en el agregado (NTP 400.036).

La presente norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de poros en los agregados.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 12 (Porcentaje de poros en el agregado) y en las Tablas 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Definiciones:

Poros: Es el espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado.

Procedimiento:

Se emplearon los valores de la densidad relativa (gravedad específica) (OD) y la absorción del agregado fino, los cuales se determinaron mediante la norma NTP 400.022.

Se emplearon los valores de la densidad relativa (gravedad específica) (OD) y la absorción del agregado grueso, los cuales se determinaron mediante la norma NTP 400.021. Se emplearon los valores de la masa por unidad de volumen o densidad de los agregados gruesos y finos (compactado y suelto), los cuales se determinaron a través de la norma técnica NTP 400.017.

Cálculos:

El porcentaje de poros en el agregado se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de poro} = [(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W) \dots\dots\dots (43)$$

Siendo:

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, determinado de acuerdo con la NTP 400.021 y NTP 400.022.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), determinado de acuerdo a la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Agregados. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso (NTP 400.040).

Esta norma comprende el método de determinación de los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

Las partículas chatas o alargadas son aquellas que tienen una relación de ancho a espesor o largo a ancho, mayor que un valor especificado.

Las partículas chatas o alargadas pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales. Asimismo, y según Rivva López (**Rivva, E. 1992**), *las partículas chatas o alargadas tienen un efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua*. Por tanto, este método provee el medio para verificar si se cumple con las especificaciones que limitan la presencia de tales partículas o, para determinar la forma característica del agregado grueso.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad del agregado analizado se muestran respectivamente en el Anexo 13 (Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso) y en la Tabla 31 (Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu").

Aparatos:

Calibre proporcional: Se empleó un calibre del tipo "PASA NO PASA".

Balanza: Se usó una balanza con exactitud a 0,5 % de la masa de la muestra.

Muestreo:

La toma de muestra del agregado se efectuó conforme a la NTP 400.010. Después de la toma, se mezcló totalmente la muestra y posteriormente se redujo a una cantidad apropiada por cuarteo, según la NTP 400.010.

La cantidad de agregado no ha sido de un peso predeterminado, sino el resultante del cuarteo. Una vez seco, conformó los mínimos requeridos según lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 20

Masa mínima de la muestra para determinar las partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

Tamaño máximo nominal Malla cuadrada en mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de ensayo en kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4,4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50,0 (2)	20 (44)
63,0 (2 ½)	35 (77)
75,0 (3)	60 (130)
90,0 (3 ½)	100 (220)

100,0 (4)	150 (330)
112,0 (4 ½)	200 (440)
125,0 (5)	300 (660)
150,0 (6)	500 (1100)

Fuente: NTP 400.040; *Agregados. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.*

Procedimiento:

Se secó la muestra a temperatura constante de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ dado a que la determinación fue en masa.

Se tamizó la muestra conforme a lo especificado en la NTP 400.012. Se redujo cada fracción mayor a 9,5 mm (3/8 pulg) en un 10 % o más de su peso original, conforme a la NTP 400.010.

Se ensayó cada partícula de cada fracción medida y se colocó en uno de los tres grupos: 1) chatas, 2) alargadas y 3) ni chatas ni alargadas. Para este efecto, se utilizó el calibre proporcional para determinar las partículas chatas y las alargadas.

Luego de la clasificación según los grupos descritos, se determinó la proporción de la muestra por cada grupo. La determinación se hizo en masa.

Cálculo:

Se calculó el porcentaje de partículas chatas y alargadas, con aproximación al 1 % para cada malla mayor de 3,5 mm (3/8 pulg).

Considerando que toda partícula puede ser inscrita en un prisma de longitud (l), ancho (a) y espesor (e), normalmente se definen como partículas chatas las que tienen un ancho mayor de tres veces su espesor, y alargadas aquellas cuya longitud es mayor de tres veces su ancho, como se ilustra en la Figura 19.

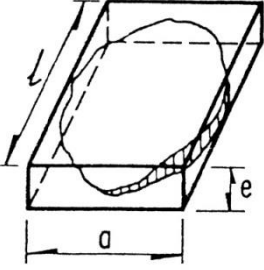
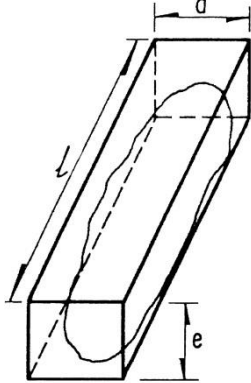
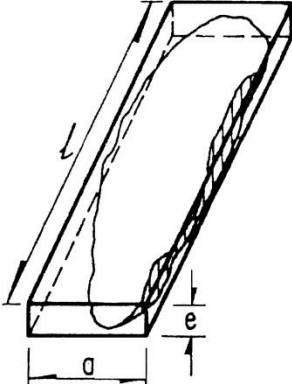
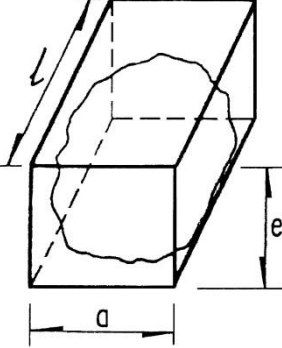
Partículas chatas (lajeadas)	Partículas alargadas (oblongadas)
 <p data-bbox="483 775 560 864"> $a/e > 3$ $l/a < 3$ </p>	 <p data-bbox="1070 775 1147 864"> $a/e < 3$ $l/a > 3$ </p>
Partículas chatas y alargadas (tabulares)	Partículas equidimensionales (cúbicas o esféricas)
 <p data-bbox="483 1473 560 1563"> $a/e > 3$ $l/a > 3$ </p>	 <p data-bbox="1059 1447 1152 1592"> $l \approx a \approx e$ $a/e < 3$ $l/a < 3$ </p>

Figura 19: Definición de formas de partículas en los agregados. Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (1994).

La presencia de partículas chatas y/o alargadas, tanto en los agregados naturales como en los manufacturados, se considera indeseable porque reduce la manejabilidad de las mezclas, dificulta el acomodo y la compactación del concreto fresco en las formaletas y afecta la resistencia mecánica del concreto endurecido.

Debido a ello, es frecuente que en las prácticas recomendadas y en las especificaciones de obra se limite su contenido. Ante lo manifestado, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**) dice: "*El comité ACI 207 recomienda no exceder de 20 por ciento en la proporción de estas partículas en los agregados*".

A esto, el ingeniero Rivva López (**Rivva, E. 2006**) manifiesta que "*los índices de aplanamiento y alargamiento del agregado grueso procesado no deberán ser mayores del 15 %*".

Del mismo modo, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**) también manifiesta que, para concretos de muy alta resistencia, "*el agregado ideal debe ser limpio, cúbico, anguloso, cien por ciento triturado, con un mínimo de partículas chatas o alargadas*".

Agregados. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en hormigón (concreto) (NTP 400.042).

Esta norma establece un hábito de ensayo que permite establecer el contenido de cloruros y sulfatos solubles en agua de los agregados, aprovechados en la producción de mezclas de hormigón (concreto) y morteros.

La presente norma advierte dos partes. La primera especifica la forma para la determinación del contenido de ion cloruro soluble en agua mediante el método volumétrico de Mohr. La segunda parte detalla la determinación del contenido de ion sulfato soluble en agua mediante el método gravimétrico.

Este ensayo se realizó en el Laboratorio N° 21 – Investigación y Química Aplicada de la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados de este ensayo practicado y la evaluación de la calidad de los agregados analizados se muestran respectivamente en el Anexo 14 (Determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en hormigón) y en las Tablas 31

(Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu") y 32 (Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu").

Agregados. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo (NTP 400.043).

La presente norma establece tres métodos para la reducción de muestras de agregados de gran volumen a un apropiado tamaño para ensayos empleando técnicas que tienen por finalidad minimizar las variaciones de las medidas en sus características entre las muestras de ensayo seleccionadas y la muestra original.

Selección del método:

Se empleó el método adecuado según el tipo de agregado (agregado grueso, agregado fino o mezclas de agregado grueso y fino) y según las circunstancias de humedad de éstos.

Muestreo:

Se obtuvo muestras de agregados de conformidad con el método de ensayo descrito en la NTP 400.010, o como sea requerido por los métodos de ensayos individuales.

Método A: Cuarteador mecánico.

El aparato empleado en este método consistió en un cuarteador equipado con 2 recipientes que recibieron las dos mitades de la muestra en cuarteo.

Para el muestreo, se colocaron las muestras originales en la parte superior o base de alimentación del cuarteador, para luego distribuirlo uniformemente de lado a lado, fluyendo a una velocidad tales cantidades aproximadamente iguales por cada abertura del cuarteador.

Posteriormente, la porción de muestra de uno de los recipientes se reintrodujo dentro del cuarteador como cuantas veces sea necesario para reducir la muestra al tamaño especificado para su análisis.

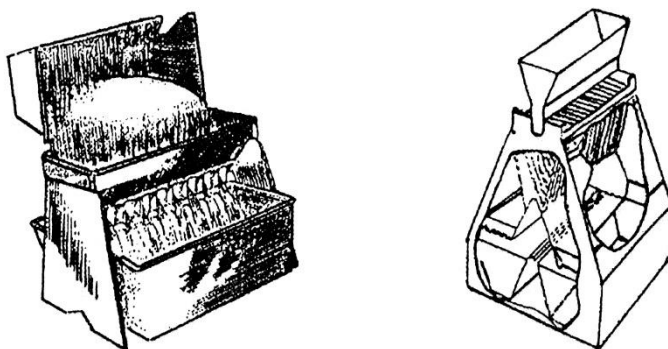


Figura N° 20: Reductor de muestras mecánico. Fuente: NTP 400.043.

Método B: Cuarteo.

Los aparatos empleados en este método consistieron de una pala plana, cuchara y brocha.

Para el muestreo, se colocaron las muestras originales sobre una superficie dura, limpia y nivelada, donde no hubo pérdida de material, ni adición accidental de materiales extraños.

Cada material ensayado, se mezcló enteramente 3 veces por remoción completa del mismo.

Con la última remoción, cada muestra entera tratada se colocó en un apilamiento cónico por depósito de material sobre la parte superior del cono de formación.

Cada apilamiento cónico se colocó con un diámetro y espesor idóneo para ser presionado con la pala plana a fin de dividir la muestra en 4 porciones, cuyo contenido de cada uno de ellos fue del mismo material que el original antes del cuarteo.

El diámetro de cada apilamiento aplanado fue de 4 a 8 veces el espesor.

Luego de dividir cada muestra en 4 partes iguales, con la pala o cuchara se retiró los cuartos opuestos diagonalmente, incluyendo todo el material fino, pasando una brocha por los espacios hasta dejarlo limpio.

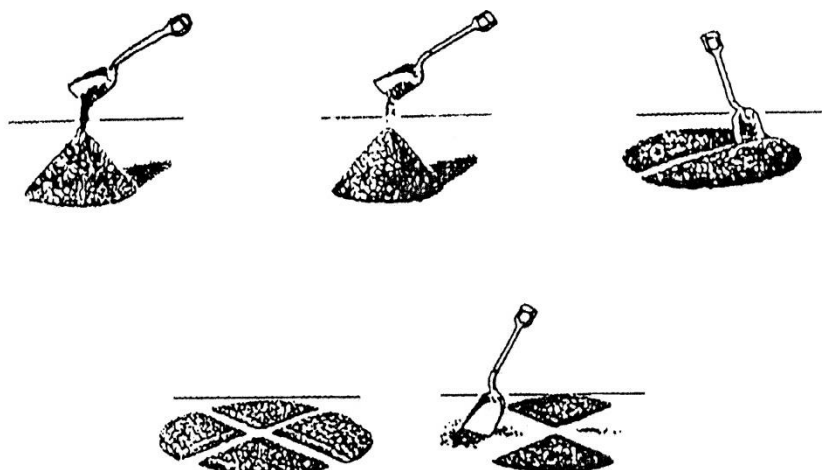


Figura 21: Reducción de muestras por cuarteo sobre una superficie dura, limpia y nivelada. Fuente: NTP 400.043.

Método C: Apilamiento en miniatura de muestras (solamente agregado fino).

Los aparatos empleados en este método consistieron de espátula, pala pequeña para la mezcla del agregado fino, cucharón para muestreo y plástico doble pequeño.

Para el muestreo, se colocaron las muestras originales de agregado fino sobre un plástico doble pequeño y sobre una superficie dura, limpia y nivelada donde no hubo pérdida de material ni adición accidental de materiales extraños.

Cada material ensayado, se mezcló por remoción total en oportunidades no menores a 3. Con la última remoción, cada muestra entera tratada se colocó en un apilamiento cónico.

Luego se aplastó cada apilamiento cónico a un diámetro y espesor idóneo por presión de la pala hacia abajo para hacer el cuarteo de forma tal que cada sector contenga el material original.

3.2.5.2 Mezcla de los agregados.

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto. Los porcentajes relativos de los agregados

fino y grueso se establecieron en relación al volumen absoluto total de agregado en las mezclas de concreto, tomando para este fin las determinaciones de las metodologías a ser aplicadas en esta investigación.

Mezcla de agregados empleando la metodología de diseño del Comité 211.1 del American Concrete Institute.

Según Rivva López (**Rivva, E. 1992**), la metodología de diseño del ACI 211.1 específica o parte del criterio que agregados gruesos de tamaño máximo nominal y curvas granulométricas esencialmente similares, deberán permitir obtener concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando un determinado volumen de agregado grueso, en condiciones de seco y compactado, es empleado por unidad de volumen del concreto.

En los Estados Unidos de América y en la República del Perú, el "VOLUMEN SECO A GRANEL DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO", depende del módulo de fineza del agregado fino y del tamaño máximo nominal del agregado grueso. Estos parámetros nos permiten conquistar un número b/b_0 , que multiplicado por la densidad de masa seca compactada del agregado grueso, se consigue la cantidad de agregado grueso seco y compactado que debe emplearse en la mezcla.

El contenido de agregado fino por unidad de volumen del concreto se estima entonces empleando el método de la masa o el método del volumen.

Con el método de la masa, la suma de las masas del cemento, el agregado grueso y el agua se restan de la masa de una unidad de volumen del concreto, que a menudo se conoce por experiencia previa con los materiales dados. No obstante, en ausencia de tal información puede usarse de acuerdo al método del ACI 211.1, la tabla denominada "PRIMERA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD (UNIDAD DE PESO) DEL CONCRETO FRESCO", como una primera estimación; el ajuste se hace después de ensayar mezclas. Un cálculo más preciso se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\rho = [10 \times \text{SSD} \times (100 - A)] + [C \times (1 - \text{SSD}/\gamma)] - [W \times (\text{SSD} - 1)] \dots\dots\dots (44)$$

Siendo:

- ρ = Densidad del concreto fresco, en kg/m^3 .
 SSD = Densidad relativa (gravedad específica) de masa promedio de agregados finos y gruesos combinados. Se determina mediante pruebas.
 A = Contenido de aire, en porcentaje.
 C = Contenido de cemento, en kg/m^3 .
 γ = Densidad del cemento.
 W = Contenido de agua, en kg/m^3 .

El método del volumen es un procedimiento exacto para calcular la cantidad de agregado fino requerido. Así, la masa de agregado fino " A_f " en kg/m^3 , está dada por:

$$A_f = \text{SSD}_f \times [1\,000 - (W + C/\gamma + A_g/\text{SSD}_g - 10 \times A)] \dots\dots\dots (45)$$

Siendo:

- SSD_f = Densidad relativa (gravedad específica) del agregado fino.
 W = Contenido de agua, en kg/m^3 .
 C = Contenido de cemento, en kg/m^3 .
 γ = Densidad del cemento.
 A_g = Contenido de agregado grueso, en kg/m^3 .
 SSD_g = Densidad relativa (gravedad específica) del agregado grueso.
 A = Contenido de aire, en porcentaje.

Todas las masas obtenidas, se fundan en la base de saturado superficialmente seco.

De la misma forma, el ACI 211.1 recomienda reducir en un 10 % el contenido de agregado grueso estimado para obtener concretos más trabajables, los cuales pueden ser requeridos para la colocación por bombeo o cuando el concreto debe ser trabajado en zonas de gran congestión de acero de refuerzo.

Mezcla de agregados empleando la metodología de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz†.

La metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz†, consiste en determinar experimentalmente y de manera precisa la combinación porcentual de los agregados que ofrezca un mínimo contenido de vacíos.

Los valores del porcentaje de vacíos obtenidos de los ensayos ejecutados pueden expresarse gráficamente, lo que nos posibilita la determinación más adecuada del valor mínimo, la eliminación de los valores inexactos y establecer relaciones con otros factores importantes del concreto.

Para confeccionar el gráfico, en el eje de las abscisas se ubican las diferentes proporciones de las mezclas de los agregados y en el eje de las coordenadas se ubican sus correspondientes porcentajes de vacíos resultantes de los ensayos. Unimos los puntos obtenidos y se forma una curva del transcurso probable del porcentaje de vacíos.

El punto mínimo del porcentaje de vacíos como factor determinante para la mezcla óptima de los agregados es significativo, cuando tratamos de determinar la relación mutua entre los agregados grueso y fino.

Sin embargo, si determinamos por el mismo método la composición óptima entre agregados gruesos (que debe determinarse en los casos que lo requieran, antes de hacer las mezclas con el agregado fino), los resultados ya no son tan significativos y la determinación de la composición óptima requiere de ciertos conocimientos técnicos – científicos y alguna experiencia práctica.

Para determinar la combinación o relación óptima de los agregados, es muy importante secar bien y por un periodo no menor a 24 horas el agregado fino y el agregado grueso y trabajar con ellos después de enfriados. Esta forma de trabajo se da de manera soberana al hecho de que los agregados tengan un bajo porcentaje de absorción.

Así, por ejemplo, supóngase que para 1 m³ de concreto se requiere 820 kg de agregado fino y 1050 kg de agregado grueso y que ambas tengan un porcentaje de absorción del 2 %

respecto a la masa seca. Si se trabaja con los agregados húmedos, al cuantificar su masa ésta tendrá 37,4 kg de agua y se dejará de poner esta cantidad como materia sólida que constituye parte necesaria para hacerla más compacta.

Asimismo, la necesidad de trabajar con los agregados secos se basa en el hecho de que la dosificación del concreto debe garantizar no solo su resistencia, sino también, su durabilidad, para lo cual es necesario obtener una masa sólida y compacta.

Del mismo modo, O'Reilly Díaz sustenta que *"la compactación no es más que la cantidad de materia sólida por unidad cúbica que posee el concreto"*. La máxima compactación se obtiene con la cantidad máxima posible de los agregados y con la calidad máxima de la pasta de cemento, es por eso por lo que se logra una máxima compactación al trabajar con los vacíos mínimos.

Por otro lado, en el cemento no se considera vacío alguno, por cuanto, cuando éste se mezcla con el agua se forma la llamada piedra de cemento, que en dependencia de la cantidad de agua que se use para la reacción química y la trabajabilidad así se producirá una evaporación del resto del agua que esté por encima del 23 % en masa del cemento que se considera entra en reacción química con éste y al evaporarse el resto se quedan como poros que disminuyen la compactación del concreto y que solo tiene importancia para la resistencia y la durabilidad de ésta.

3.2.5.3 Diseño de mezclas de concreto.

En la presente tesis, las mezclas de concreto se realizaron sin aplicar aditivos químicos en ambos métodos de dosificación. El aditivo químico es recomendable usar solo después de diseñado el concreto definitivo y se rediseña en función del aditivo que se empleará y el revenimiento que se desea conseguir, es decir, toda investigación primaria se hace sin aditivos.

Asimismo, para el diseño de mezclas de concreto se valoraron dos parámetros de entrada para hacer la investigación, es decir, los revenimientos que más se manipulan (100 y 120 milímetros medidos con el cono de Abrams) y las resistencias a la rotura por compresión de

los concretos que más se utilizan en la producción de construcciones en nuestro medio (140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 245 kg/cm²).

La práctica de fabricación y curado de probetas en laboratorio se forjaron conforme a la Norma Técnica Peruana puntualizada en el apartado 3.2.5.4 de este informe.

El contenido de humedad total evaporable de los agregados, se controló de diario y el proceso de mezclado y curado se hizo bajo sombra.

Los resultados se muestran respectivamente en los Anexos 15, 16, 17, 18, 20 y 21 de este informe.

En total se proyectó 8 tipos de mezclas para la metodología de diseño del Comité 211.1 del American Concrete Institute y 8 tipos de mezclas para la metodología de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]. Lo desarrollado es como sigue:

Tabla 21

Parámetros de entrada para el diseño de mezclas de concreto aplicando la metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días	Revenimiento solicitado en milímetros
140 kg/cm ²	100 y 120
175 kg/cm ²	100 y 120
210 kg/cm ²	100 y 120
245 kg/cm ²	100 y 120

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Parámetros de entrada para el diseño de mezclas de concreto aplicando la metodología "Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia" (metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]).

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días	Revenimiento solicitado en milímetros
140 kg/cm ²	100 y 120
175 kg/cm ²	100 y 120
210 kg/cm ²	100 y 120
245 kg/cm ²	100 y 120

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.4 Descripción de ensayos practicados en mezclas de concreto fresco y concreto endurecido.

Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto (NTP 339.034).

La presente norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeados con hormigón o testigos diamantinos extraídos de concreto endurecidos. Este método se limita a concretos que tienen una masa unitaria mayor de 800 kg/m³.

Los resultados se muestran respectivamente en los Anexos 22, 23, 24 y 25 de este informe.

Aparatos:

Máquina de ensayo: La máquina empleada fue de suficiente capacidad y con capacidad de sostener una velocidad de carga uniforme y continua. Asimismo, la máquina estuvo calibrada y provista de dos bloques de acero de superficie sólida entre los cuales se comprimieron las probetas de concreto.

Procedimiento:

Se midió el diámetro de la probeta mediante un calibrador.

Se colocó la probeta sobre el bloque inferior de apoyo de la máquina de ensayo, centrándolo sobre la superficie de este, tratando que la probeta quede centrada con el bloque superior. Antes de la colocación de la probeta, se limpió ambas bases de la probeta, como también, se limpió con cuidado las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina de ensayo.

Se aplicó carga continua y constante a la probeta desde el inicio hasta el final de la rotura de esta, registrando el valor de la máxima carga, el tipo de rotura y toda observación relacionada con el aspecto del hormigón en la zona de rotura.

Expresión de resultados:

La resistencia a la rotura por compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_e = 4G / \pi d^2 \quad \dots\dots\dots (46)$$

Siendo:

R_e = Resistencia a la rotura a la compresión en kilogramos por centímetro cuadrado.

G = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

d = Diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

Hormigón. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams (NTP 339.035).

Esta norma técnica establece la determinación del revenimiento del hormigón fresco tanto en el laboratorio como en el campo.

Este método se aplica a concretos plásticos con agregados hasta 1 ½ pulg (37,5 mm). Si el agregado es mayor, el método es aplicable cuando el ensayo se realiza con la fracción del concreto que pasa la malla de 1 ½ pulg, removiendo los agregados mayores de acuerdo con la sección titulada "additional procedures for large maximum size aggregate concrete" de la norma ASTM C172.

Este método de ensayo, no se considera aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos.

Aparatos:

Molde (cono de Abrams): El molde empleado, era un molde constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1,5 mm. Su forma fue la de un tronco de cono abierto en sus extremos. Las dos bases fueron paralelas entre sí, de 20 cm de diámetro en la base inferior y de 10 cm de diámetro en la base superior formando un ángulo recto con el eje del cono. La altura del cono fue de 30 cm y estuvo provisto de agarraderas de aleta de pie.

Barra compactadora: Se empleó una barra de acero lisa de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica.

Procedimiento:

Se mojó el molde y se colocó sobre una superficie plana no absorbente. Se mantuvo inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente se llenó vaciando el hormigón en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.

Cada capa se compactó dando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección del molde. En la capa inferior fue necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro del molde, acercándose progresivamente hacia el centro de la sección. La capa inferior se compactó en todo su espesor. Las capas siguientes se compactaron de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

El molde se llenó por exceso antes de compactar la última capa. Luego se procedió a enrasar utilizando una plancha de albañilería o barra compactadora. Se tubo presente el hecho de que, si después de compactar hubiere una diferencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde.

Una vez terminada la operación anterior, se levantó el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se midió el revenimiento (asentamiento) determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

Es necesario precisar, que cuando se levantó el molde, se hizo en aproximadamente 5 a 10 segundos evitándose los movimientos laterales o torsionales. Asimismo, es necesario indicar, que la operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hizo sin interrupción y en un tiempo no mayor a 2,5 min.

Se tuvo presente en el caso de fallas por corte, el hecho de rechazar el ensayo, debiéndose realizar uno nuevo con otra parte de la muestra. Asimismo, si esto ocurriese dos veces en una mezcla de hormigón, se estuvo consciente de que la mezcla presumiblemente carezca de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez del presente ensayo.

Expresión de los resultados:

La consistencia del hormigón se establece por el revenimiento (asentamiento) el mismo que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y expresada en centímetros o en pulgadas.

Nota: Según el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**Instituto de Ingeniería UNAM. 1994**), la prueba de asentamiento (revenimiento) es útil para dar información a grosso modo acerca de la cohesividad y posible comportamiento durante la manipulación en obra de las mezclas de concreto. Tal información puede deducirse de la forma como se asienta la muestra de concreto revenida o asentada, de la cual se presenta tres principales casos esquematizados.

El primer esquema representa el asentamiento uniforme de una mezcla de consistencia semi – fluida (15 centímetros) pero cohesiva. En una mezcla así puede considerarse que el dato de revenimiento es confiablemente representativo de su consistencia, la cual en este caso sería indicativa de una fácil inclinación a fluir sin segregar en condiciones de manipulación normal. El segundo esquema corresponde a la forma de asentamiento de una mezcla que, aun cuando exhibe el revenimiento medio (15 cm) manifiesta deficiencia de cohesividad, pues la masa de concreto presenta una porción desprendida. En tal caso debe repetirse el ensayo para descartar su posible mala ejecución, y si el resultado se confirma es señal de que la prueba no es aplicable para juzgar la consistencia de la mezcla. Una mezcla de concreto con estas características es de trabajabilidad dudosa, pues, aunque debe mostrar buena disposición para iniciar el flujo, también puede manifestar tendencia a segregar. El tercer esquema, se refiere al comportamiento de una mezcla de concreto sin cohesividad en el ensayo de revenimiento, que se manifiesta por el desplome y dispersión de la muestra en el momento de levantar el cono. Es evidente que una mezcla de concreto con este comportamiento no es apta para ser juzgada confiablemente mediante la prueba de revenimiento, y sus deficientes características de cohesión propician su segregación al ser trabajadas con equipos y procedimientos ordinarios.

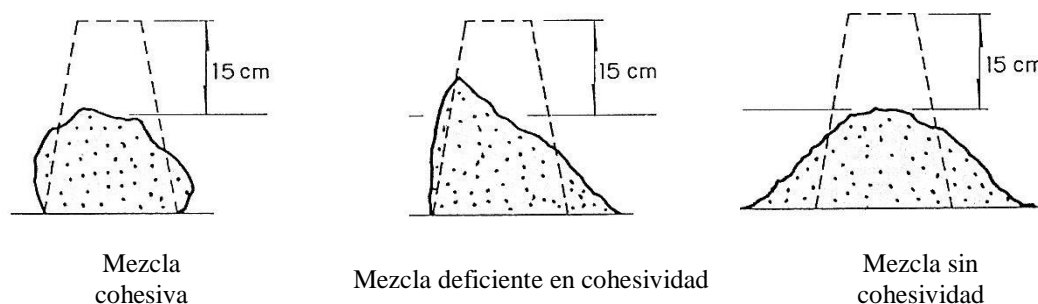


Figura 22: Representación esquemática de tres mezclas de concreto con el mismo revenimiento aparente, pero diferente cohesividad. Fuente: Instituto de Ingeniería UNAM (1994).

Hormigón. Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto) (NTP 339.037).

Esta norma técnica establece los aparatos, materiales y los procedimientos para el refrentado de especímenes de hormigón (concreto) fresco con pasta de cemento; cilindros endurecidos y testigos diamantinos con yeso de alta resistencia o morteros de azufre.

Esta norma sirve para establecer la manera de refrentar las caras planas de los especímenes cilíndricos de hormigón (concreto) y testigos diamantinos, para hacerlas perpendiculares a su eje mediante la aplicación de capas delgadas de un material adecuado antes de ensayarlos en compresión.

Con este procedimiento se asegura la aplicación de la carga en toda el área con objeto de obtener resultados representativos del ensayo de compresión, para evaluar el cumplimiento de los requerimientos de resistencia y control de calidad.

La norma ASTM C1231 describe un procedimiento alternativo utilizando cabezales metálicos con almohadillas de neopreno.

Aparatos:

Platos de refrentado: Para el refrentado se empleó un molde con dureza Rockwell de al menos 48 HRC y una guía metálica.

Dispositivos de alineación: Se empleó barras guía juntamente con las placas de refrentado.

Olla de fundición para el mortero de azufre: Se contó con una olla con dispositivo automático de control de temperatura. La olla empleada estuvo hecha con un material que no reacciona con el azufre fundido. Asimismo, se tuvo la precaución de evitar el sobrecalentamiento del mortero de azufre dado a que el punto de inflamación del azufre está por encima de los 227 °C.

Material de refrentado:

El material de refrentado empleado en este trabajo de investigación fue el mortero de azufre. La resistencia de este material empleado y el espesor de las capas desarrolladas en los ensayos, conformaron los requisitos de la siguiente tabla:

Tabla 23

Resistencia a la compresión y espesor máximo de los materiales de refrentado.

Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia mínima del material de refrentado	Espesor promedio máximo de la capa	Espesor máximo en cualquier parte de la capa
3,5 a 50 (500 lb/pulg ² a 7000 lb/pulg ²)	La mayor entre 35 MPa o la resistencia del espécimen	6 mm o ¼ pulg	8 mm o 5/16 pulg
Mayor que 50 (7000 lb/pulg ²)	Resistencia a la compresión no menor que del espécimen*	3 mm o ⅛ pulg	3 mm o 3/16 pulg

* Excepto a lo indicado en el apartado 5.1.1 de la NTP 339.037.

Fuente: NTP 339.037; *Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto).*

Procedimiento de refrentado:

El material de refrentado empleado se calentó hasta una temperatura de aproximadamente 130 °C. No se utilizó material reciclado por más de cinco veces, para evitar la pérdida excesiva de resistencia del material de refrentado y la formación de vacíos ocasionados por contaminación con aceite o residuos y pérdida de azufre por volatilización.

La placa o dispositivo de refrentado se calentó ligeramente antes de su uso para reducir la velocidad de endurecimiento y la formación de capas delgadas en el material de refrentado.

Antes de hacer cada refrentado se aplicó una capa delgada de aceite en las placas y se agitó el material fundido. Las bases de los cilindros que fueron curados en húmedo estuvieron lo suficientemente secos para evitar la formación de espuma o bolsas de vapor.

Para asegurar que el material de refrentado utilizado se adhiriera completamente a la superficie del cilindro, se evitó la aplicación de aceite en estas caras antes de cada operación. En todo momento se guardó precaución ante la producción de gases sulfurosos, los mismos que se producen como consecuencia de la contaminación del mortero de azufre con

materiales orgánicos, tales como la parafina y el aceite. Del mismo modo, se evitó el uso del fuego directo.

Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183).

Esta norma técnica establece el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones de ensayo, con hormigones (concretos) que pueden ser consolidados por varillado o vibrado.

Esta norma es aplicable para la preparación de materiales, mezclado de hormigón (concreto), elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) bajo condiciones de laboratorio.

Aparatos:

Moldes: Los moldes empleados para la elaboración de especímenes de hormigón (concreto), fueron moldes cilíndricos hechos con materiales no absorbentes. Estos moldes, aptos para vaciar especímenes verticalmente, cumplieron con la especificación ASTM C470.

Antes de su empleo, los moldes fueron ligeramente revestidos con aceite mineral no reactivo.

Varilla de compactación: Se empleó una varilla larga de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y 600 mm (24 pulg) de largo aproximadamente.

Martillo de goma: Se usó un martillo de goma de aproximadamente 600 g \pm 200 g.

Herramientas pequeñas: Se empleó pala, balde, cuchara entre otros.

Cono de Abrams: El cono empleado para medir el revenimiento, cumplió con los requerimientos de la NTP 339.035.

Recipiente de muestreo y mezclado: Se empleó un recipiente de fondo plano y de metal grueso, de profundidad conveniente y capacidad suficiente para permitir el mezclado fácil de la tanda completa con un cucharón o pala.

Balanza: Se empleó balanza para determinar el peso de las tandas de los materiales y hormigón (concreto). La balanza tuvo una exactitud del 0,3 % de la carga de prueba.

Dispositivo para la medición de la temperatura: Este dispositivo estuvo acorde a los requerimientos de la NTP 339.184.

Preparación de los materiales:

Todos los materiales empleados en este trabajo, siempre se encontraron a temperatura ambiente.

El cemento empleado fue un insumo uniforme a lo largo de las pruebas y se almacenó en un lugar seco.

Los agregados grueso y fino fueron tratados adecuadamente, en ellos se evitó la segregación.

Procedimiento del mezclado del hormigón:

El mezclado del hormigón (concreto) se realizó a mano, en tandas de tal tamaño que permitan un exceso no menor al 10 %.

La mezcla se ejecutó en un recipiente impermeable, limpio, humedecido y de metal, con una pala redondeada de albañil, bajo el siguiente procedimiento:

Se mezcló el cemento y el agregado fino sin adicionar agua hasta que estén completamente mezclados.

Luego se adicionó el agregado grueso y se mezcló la tanda completa sin añadir agua hasta observar que el agregado grueso se encuentre uniformemente distribuido en la mezcla.

Se adicionó agua y se mezcló hasta que el hormigón (concreto) manifestara una apariencia homogénea y tenga la consistencia deseada. Para el muestreo del hormigón (concreto), se seleccionó las porciones de la tanda de hormigón (concreto) mezclado a ser usadas para moldear especímenes de tal manera que sean representativas.

Procedimiento para medir el asentamiento, contenido de aire, rendimiento y temperatura:

Asentamiento: Se midió el asentamiento de cada lote de hormigón (concreto) inmediatamente después de su mezclado conforme a lo especificado en la NTP 339.035.

Contenido de aire: No se determinó el contenido de aire conforme a lo indicado en la NTP 339.081.

Rendimiento: Se determinó el rendimiento de cada tanda de hormigón (concreto) preparado de acuerdo con la NTP 339.046.

Temperatura: Se determinó a cada tanda de hormigón (concreto) preparado según las especificaciones de la NTP 339.184.

Procedimiento para la elaboración de los especímenes:

Lugar del moldeo y moldeo: Los especímenes se moldearon sobre una superficie libre de vibraciones y otras perturbaciones.

Se evitó todo tipo de choques, golpes e inclinación de la superficie de las probetas. Para el moldeo, se colocó el hormigón (concreto) en los moldes utilizando un cucharón. Cada cucharón fue colmado de hormigón respecto al recipiente de mezcla con el objeto de asegurar la representatividad de la tanda. Se movió el cucharón alrededor del borde superior del molde mientras el hormigón (concreto) era descargado con el fin de asegurar una distribución simétrica del mismo. Asimismo, se minimizó la segregación del agregado grueso dentro del molde, e incluso, se tuvo previsto la ejecución de trabajos de remezclado del hormigón (concreto) en el recipiente con el cucharón para evitar dicho fenómeno durante el moldeo de los especímenes. La distribución adecuada del hormigón (concreto), se logró

con el uso de la varilla compactadora antes de que éste sea consolidado. En la capa final se añadió una cantidad de hormigón (concreto) que llenó exactamente el molde después de la compactación. No se añadió muestras no representativas de hormigón (hormigón) para terminar de llenar el molde. En cuanto al número de capas, se preparó especímenes en capas de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 24

Número de capas requerida por espécimen para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de consolidación	Número de capas*
Cilindros: Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 ó 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
hasta de 225 (9)	vibrado	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico: Profundidad en mm (pulg)		
hasta 200 (8)	varillado	2
más de 200 (8)	varillado	3 o más
hasta 200 (8)	vibrado	1
más de 200 (8)	vibrado	2 o más

* El número de capas tendrán aproximadamente igual profundidad. Fuente: NTP 339.183; *Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.*

Consolidación:

El método de consolidación empleado en este trabajo de investigación fue el de varillado. Aplicar este método implicó colocar el hormigón (concreto) en el molde, en el número de capas requerido de igual volumen aproximadamente. Se varilló cada capa con el extremo

redondeado de la varilla usando el número de golpes y tamaño de la varilla especificado en la tabla que seguidamente se expone.

Tabla 25

Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldear especímenes de prueba en la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

Cilindros		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes por capa
50 (2) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
Vigas y prismas		
Superficie superior del especimen cm ² (pulg ²)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes por capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 1 pulg ² de superficie
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 2 pulg ² de superficie
Cilindros horizontales para escurrimiento plástico		
Diámetro del cilindro mm (pulg)	Diámetro de la varilla mm (pulg)	Número de golpes por capa
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados de eje

Fuente: NTP 339.183; *Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.*

La capa inferior se varilló en toda su profundidad distribuyendo los golpes uniformemente sobre la sección del molde y en cada capa superior se permitió que la varilla penetre a través de la capa que está siendo varillada dentro de la capa inferior aproximadamente 25 mm (1 pulg).

Después de que cada capa fue varillada, se golpeó los lados del molde suavemente de 10 a 15 veces (en el caso de moldes metálicos se golpeó con martillo de goma y en el caso de moldes livianos se golpeó con la mano abierta), con el objeto de no solo cerrar cualquier espacio vacío producido por el varillado, sino también, con el objeto de eliminar las burbujas grandes de aire que puedan haber quedado atrapados.

Acabado:

Después de la consolidación, se enrasó la superficie del espécimen de hormigón (concreto) con la varilla de compactación o con una paleta, según la consistencia del hormigón (concreto). El acabado se realizó con la mínima manipulación y con una capa delgada de pasta de cemento.

Curado:

Se evitó la evaporación del agua del hormigón (concreto) no endurecido, para esto se cubrió los especímenes después de finalizado su moldeo empleando láminas de plástico resistente, durable e impermeable.

Los especímenes fueron almacenados para prevenir la pérdida de humedad. El almacenamiento se dio después del acabado hasta poder removerlos de los moldes. Asimismo, el almacenamiento se dio en un ambiente libre de vibraciones.

Pasado $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$, se desmoldó los especímenes de hormigón (concreto), para luego ser curados en tanques de almacenamiento de agua, en donde el agua fue saturada con hidróxido de calcio para evitar la carbonatación de los especímenes sumergidos.

Hormigón. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido (NTP 339.187).

La presente norma establece el método de ensayo para la determinación de la densidad, porcentaje de absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido.

La aplicación de esta norma permite establecer los datos requeridos para conversiones entre masa y volumen del hormigón (concreto). Asimismo, permite determinar la conformidad con las especificaciones del hormigón (concreto) y para mostrar las diferencias dentro de una masa de hormigón (concreto).

Los resultados se muestran respectivamente en los Anexos 26, 27, 28 y 29 de este informe.

Aparatos:

Balanza: Se empleó una balanza con aproximación a 0,025 % de la masa del espécimen.

Contenedor: Se utilizó un contenedor apropiado para sumergir el espécimen y con un alambre adecuado para suspenderle en agua.

Espécimen de ensayo:

La muestra consistió en varias porciones individuales de hormigón (concreto), en donde cada uno fue ensayado por separado. Las porciones individuales fueron piezas de cilindro, pero con masa aproximada de 800 g. Cada porción estuvo libre de grietas, fisuras o bordes astillados.

Procedimiento:

Masa seca: Se registró la masa del espécimen y se secó el mismo en un horno a temperatura constante de 100 °C a 110 °C por un tiempo no menor a 24 h. Cumplido este tiempo, se sacó el espécimen del horno y se dejó enfriar al aire a una temperatura de 20 °C a 25 °C. Después de enfriado se registró la masa seca. Este valor obtenido se le designó como "A".

Masa saturada después de la inmersión: Después de secado y enfriado el espécimen, éste se sumergió en agua a aproximadamente 21 °C por no menos de 48 h, luego se determinó la masa tras dos medidas sucesivas de la muestra con superficie seca a intervalos de 24 h, hasta que ésta muestre un incremento en masa de menos de 0,5 % del mayor valor.

Finalmente, el espécimen se secó superficialmente removiendo la humedad superficial con una toalla, y se midió su masa. Esta masa final superficialmente seca después de la inmersión, se le designó como "B".

Masa saturada después de hervido: Se colocó el espécimen procesado en un contenedor adecuado, después se le cubrió con agua potable y se hirvió por 5 h. Después de hervido, se dejó enfriar por pérdida natural de calor por no menos de 14 h y a una temperatura final de 20 °C a 25 °C. Se removió la humedad superficial con una toalla y se registró la masa del espécimen. Se designó la masa saturada, hervida, superficialmente seca, como "C".

Masa aparente sumergida: Después de la inmersión y el hervido, se suspendió el espécimen con un alambre para registrar su masa en el agua. Se designó a esta masa aparente como "D".

Cálculos:

Con las masas determinadas de acuerdo con el procedimiento descrito a lo alto, se realizó los siguientes cálculos:

Absorción después de la inmersión, %:

$$[(B - A) / A] \times 100 \dots\dots\dots (47)$$

Absorción después de la inmersión y hervido, %:

$$[(C - A) / A] \times 100 \dots\dots\dots (48)$$

Densidad seca:

$$g_1 = [A / (C - D)] \times \rho \dots\dots\dots (49)$$

Densidad después de la inmersión:

$$[B / (C - D)] \times \rho \dots\dots\dots (50)$$

Densidad después de la inmersión y hervido:

$$[C / (C - D)] \times \rho \dots\dots\dots (51)$$

Densidad aparente:

$$g_2 = [A / (A - D)] \times \rho \dots\dots\dots (52)$$

Volumen de poros permeables (vacíos), %:

$$(g_2 - g_1) / g_2 \times 100 = (C - A) / (C - D) \times 100 \dots\dots\dots (53)$$

Siendo:

- A = Masa de la muestra seca, en gramos.
- B = Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos.
- C = Masa de la muestra superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos.
- D = Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos.
- g_1 = Densidad seca, Mg/m^3 .
- g_2 = Densidad aparente, Mg/m^3 .
- ρ = Densidad del agua, Mg/m^3 .

3.2.6 Procesamiento y presentación de la información.

El objetivo de un estudio del tipo experimental aplicativo con nivel científico básico es alcanzar una conclusión a partir de la información contenida en sus datos. Es en esta fase que se administra las definiciones y los conceptos de la ESTADÍSTICA como instrumentos indispensables, dado a que los procedimientos por su naturaleza introducen indiscutible

variabilidad en los resultados y las técnicas estadísticas se emplean para describir y comprender esta variabilidad.

Es así como, en este trabajo de investigación para efectos de diseño, análisis y discusión, se empleó como medida estadística a la media aritmética con el fin de determinar la predisposición central del grupo de valores obtenidos en cada caso desarrollado, teniendo siempre en cuenta los lineamientos instaurados en cada norma técnica para evitar en los resultados las perplejidades y por consiguiente el desarrollo de exámenes de dispersión.

Es de destacar que los factores valorados en el presente trabajo de investigación fueron para los agregados grueso y fino las características físicas, mecánicas y químicas; y para el concreto, sus propiedades tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

En el estado fresco del concreto, se valoró la trabajabilidad, la consistencia de éste por medio del revenimiento (revenimientos de 100 y 120 milímetros medidos con el cono de Abrams), la compacidad y la segregación; y en el estado endurecido se valoró la resistencia a la rotura por compresión para concretos con calidades de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 245 kg/cm² a los 28 días de manufacturado, el porcentaje de poros capilares en el concreto resultante, el grado de densidad del mismo y el consumo final de cemento.

En la determinación del número de probetas de concreto a ensayar, nos basamos en los lineamientos de cada metodología aplicada en esta investigación. Para fines de comparación, todos los testigos fueron sometidos a rotura por compresión a los 28 días de fabricado, además, el procedimiento de elaboración y curado de las probetas se hicieron en laboratorio bajo contextos controlados como es el contenido de humedad total evaporable del agregado, temperatura del medio ambiente bajo cobertura, proporcionamiento en masa, no existencia de segregación por transporte y curado acorde a los lineamientos instituidos por norma, implicando con ello el de obtener pequeñísimas fluctuaciones en los resultados.

Es de indicar que en cada caso se presentan las tablas resúmenes de los factores valorados los cuales se exponen en la cuarta parte de este informe (RESULTADOS, págs. 195 – 227). Los detalles de estos se presentan en los ANEXOS respectivos los cuales se marcan entre las páginas 263 y 554.

IV. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.

Tabla 26

Resultados de los ensayos practicados sobre el agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu".

Caracterización física, mecánica y química	NTP	Resultados
Contenido de humedad total evaporable por secado	339.185	< 0,15 %
Contenido de cloruros	400.014	Trazas
Contenido de sulfatos	400.014	Presenta
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	400.015	0,6 %
Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio	400.016	0,8 %
Masa por unidad de volumen compactado	400.017	1591 kg/m ³
Masa por unidad de volumen compactado en la condición de saturado superficialmente seco	400.017	1600 kg/m ³
Contenido de vacíos en la condición de compactado	400.017	36 %
Masa por unidad de volumen suelto	400.017	1497 kg/m ³
Masa por unidad de volumen suelto en la condición de saturado superficialmente seco	400.017	1506 kg/m ³
Contenido de vacíos en la condición de suelto	400.017	39 %
Material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) por lavado	400.018	2,3 %
Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles (500 revoluciones)	400.019	26 %
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	400.021	2,47
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	400.021	2,49

Densidad relativa (gravedad específica aparente)	400.021	2,51
Densidad (OD)	400.021	2469 kg/m ³
Densidad (SSD)	400.021	2482 kg/m ³
Densidad aparente	400.021	2503 kg/m ³
Absorción (Ab)	400.021	0,55 %
Porcentaje de poros en el agregado en la condición de compactado	400.036	36 %
Porcentaje de poros en el agregado en la condición de suelto	400.036	39 %
Partículas chatas o alargadas	400.040	5,2 %
Contenido de cloruros solubles en agua	400.042	0,016 %
Contenido de sulfatos solubles en agua	400.042	64,2 ppm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Resultados de los ensayos practicados sobre el agregado fino de la cantera "Tioyacu".

Caracterización física, mecánica y química	NTP	Resultados
Equivalente de arena	339.146	63,0 %
Contenido de humedad total evaporable por secado	339.185	< 0,20 %
Contenido de cloruros	400.014	Trazas
Contenido de sulfatos	400.014	Presencia
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	400.015	0,1 %
Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio	400.016	1,99 %
Masa por unidad de volumen compactado	400.017	1793 kg/m ³
Masa por unidad de volumen compactado en la condición de saturado superficialmente seco	400.017	1802 kg/m ³

Contenido de vacíos en la condición de compactado	400.017	33 %
Masa por unidad de volumen suelto	400.017	1527 kg/m ³
Masa por unidad de volumen suelto en la condición de saturado superficialmente seco	400.017	1534 kg/m ³
Contenido de vacíos en la condición de suelto	400.017	43 %
Material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) por lavado	400.018	15,1 %
Densidad relativa (gravedad específica) secado al horno (OD)	400.022	2,68
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca (SSD)	400.022	2,69
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	400.022	2,72
Densidad (OD) secado al horno	400.022	2676 kg/m ³
Densidad saturada superficialmente seca (SSD)	400.022	2688 kg/m ³
Densidad aparente	400.022	2709 kg/m ³
Absorción (Ab)	400.022	0,46 %
Impurezas orgánicas	400.024	Grado 1
Porcentaje de poros en el agregado en la condición de compactado	400.036	33 %
Porcentaje de poros en el agregado en la condición de suelto	400.036	43 %
Contenido de cloruros solubles en agua	400.042	0,021 %
Contenido de sulfatos solubles en agua	400.042	88,9 ppm

Fuente: Elaboración propia.

4.2 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.

(Véase la siguiente página).

Tabla 28

Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera "Tioyacu".

Abertura de la malla en pulgadas	Porcentaje acumulado promedio que pasa	Huso granulométrico N° 57 de la Norma Técnica Peruana
1 ½ pulg	100,0	100
1 pulg	98,4	95 – 100
¾ pulg	88,5	
½ pulg	64,1	25 – 60
⅜ pulg	46,6	
¼ pulg	23,0	
N° 4	10,3	0 – 10
N° 8	3,1	0 – 5

Fuente: Elaboración propia.

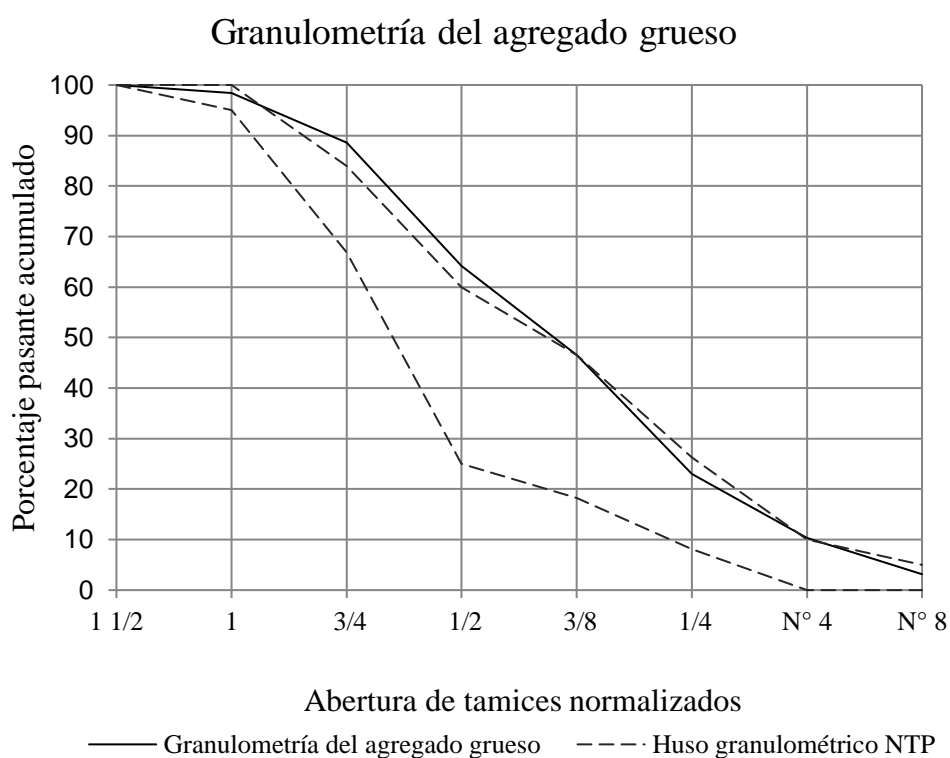


Figura 23: Evaluación de la granulometría del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

Curva granulométrica del agregado fino de la cantera "Tioyacu".

Abertura de la malla en pulgadas	Porcentaje acumulado promedio que pasa	Huso granulométrico de la Norma Técnica Peruana
3/8 pulg	100,0	100
N° 4	99,4	95 – 100
N° 8	72,1	80 – 100
N° 16	47,4	50 – 85
N° 30	31,5	25 – 60
N° 50	22,8	5 – 30
N° 100	18,1	0 – 10

Fuente: Elaboración propia.

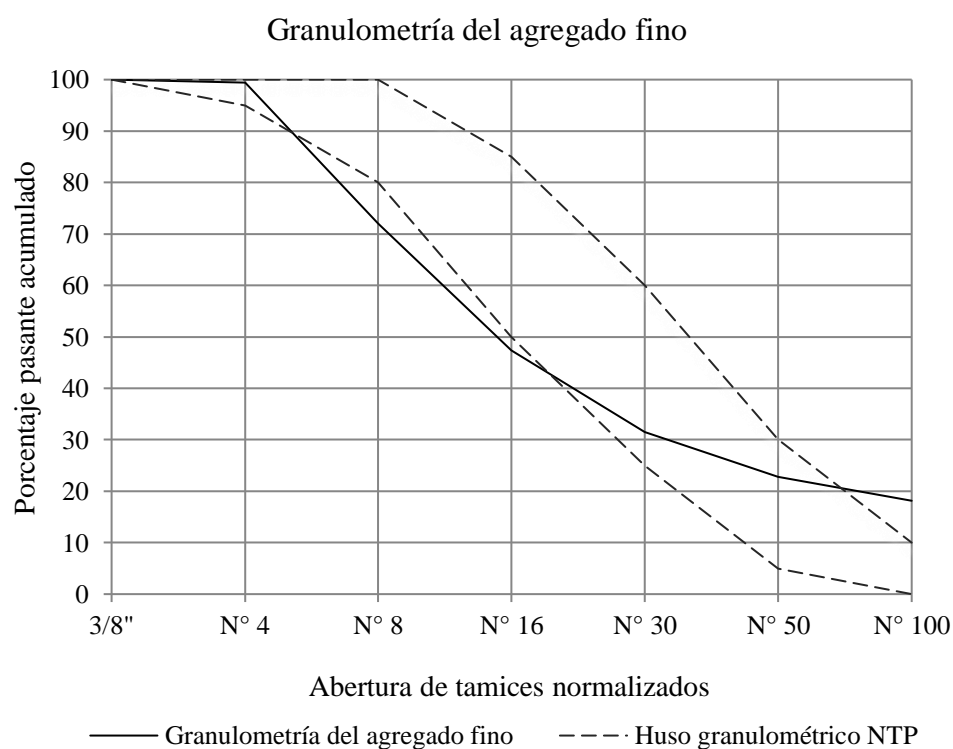


Figura 24: Evaluación de la granulometría del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Cálculo del módulo de fineza del agregado fino de la cantera "Tioyacu".

Abertura de la malla en pulgadas	Abertura de la malla en milímetros	Porcentaje retenido acumulado
3/8 pulg	9,5 mm	0,0
N° 4	4,75 mm	0,6
N° 8	2,36 mm	27,9
N° 16	1,18 mm	52,6
N° 30	600 µm	68,5
N° 50	300 µm	77,2
N° 100	150 µm	81,9
Módulo de fineza		3,1

Fuente: Elaboración propia.

4.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

Tabla 31

Evaluación de la calidad del agregado grueso de T. M. N. 25 mm (1 pulg) de la cantera "Tioyacu", de acuerdo con los requisitos expuestos en la NTP 400.037 – "Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" y otras especificaciones técnicas.

Ensayos de caracterización física, mecánica y química	Requisito	Resultado	Calidad
Contenido de humedad total evaporable por secado, porcentaje	No aplica	< 0,15 %	Buena
Granulometría (T. M. N. 1 pulgada)	Huso 57	Regular gradación	Regular
Contenido de cloruros, cualitativo	(1)	Trazas	Buena
Contenido de sulfatos, cualitativo	(1)	Presencia	Buena
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables, porcentaje	Máximo 3 %	0,6 %	Buena

Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio, porcentaje	Máximo 18 %	0,8 %	Buena
Masa por unidad de volumen compactado, kg/m ³	No aplica	1591	Buena
Masa por unidad de volumen compactado en la condición de saturado superficialmente seco, kg/m ³	No aplica	1600	Buena
Contenido de vacíos en la condición de compactado, porcentaje	No aplica	36 %	Buena
Masa por unidad de volumen suelto, kg/m ³	No aplica	1497	Buena
Masa por unidad de volumen suelto en la condición de saturado superficialmente seco, kg/m ³	No aplica	1506	Buena
Contenido de vacíos en la condición de suelto, porcentaje	No aplica	39 %	Buena
Material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) por lavado, porcentaje	Máximo 1 %	2,3 %	Regular
Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles (500 revoluciones)	Máximo 50 %	26 %	Buena
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,4 – 2,8	2,47	Buena
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,4 – 2,8	2,49	Buena
Densidad relativa (gravedad específica aparente)	2,4 – 2,8	2,51	Buena
Densidad (OD), kg/m ³	No aplica	2469	Buena
Densidad (SSD), kg/m ³	No aplica	2482	Buena
Densidad aparente, kg/m ³	No aplica	2503	Buena
Absorción (Ab), porcentaje	Máximo 3 %	0,55 %	Buena
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, porcentaje	No aplica	36 %	Buena
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, porcentaje	No aplica	39 %	Buena
Partículas chatas o alargadas, porcentaje	Máximo 20 %	5,2 %	Buena
Contenido de cloruros solubles en agua, porcentaje	(2)	0,016 %	Buena
Contenido de sulfatos solubles en agua, ppm	No aplica	64,2	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Evaluación de la calidad del agregado fino de la cantera "Tioyacu", de acuerdo con los requisitos expuestos en la NTP 400.037 – "Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" y otras especificaciones técnicas.

Ensayos de caracterización física, mecánica y química	Requisito	Resultado	Calidad
Equivalente de arena, porcentaje	(3)	63,0 %	Regular
Granulometría	Véase huso	Regular gradación	Regular
Módulo de fineza	2,3 – 3,1	3,1	Buena
Contenido de humedad total evaporable por secado, porcentaje	No aplica	< 0,20 %	Buena
Contenido de cloruros, cualitativo	(1)	Trazas	Buena
Contenido de sulfatos, cualitativo	(1)	Presencia	Buena
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables, porcentaje	Máximo 3 %	0,1 %	Buena
Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio, porcentaje	Máximo 15 %	1,99 %	Buena
Masa por unidad de volumen compactado, kg/m ³	No aplica	1793	Buena
Masa por unidad de volumen compactado en la condición de saturado superficialmente seco, kg/m ³	No aplica	1802	Buena
Contenido de vacíos en la condición de compactado, porcentaje	No aplica	33 %	Buena
Masa por unidad de volumen suelto, kg/m ³	No aplica	1527	Buena
Masa por unidad de volumen suelto en la condición de saturado superficialmente seco, kg/m ³	No aplica	1534	Buena
Contenido de vacíos en la condición de suelto, porcentaje	No aplica	43 %	Buena
Material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200) por lavado, porcentaje	(4)	15,1 %	Regular
Densidad relativa (gravedad específica) secado al horno (OD)	2,4 – 2,8	2,68	Buena
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca (SSD)	2,4 – 2,8	2,69	Buena
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,4 – 2,8	2,72	Buena

Densidad (OD) secado al horno, kg/m ³	No aplica	2676	Buena
Densidad saturada superficialmente seca (SSD), kg/m ³	No aplica	2688	Buena
Densidad aparente, kg/m ³	No aplica	2709	Buena
Absorción (Ab), porcentaje	Máximo 5 %	0,46 %	Buena
Impurezas orgánicas, cualitativo	Véase 400.037	Grado 1	Buena
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, porcentaje	No aplica	33 %	Buena
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, porcentaje	No aplica	43 %	Buena
Contenido de cloruros solubles en agua, porcentaje	(2)	0,021 %	Buena
Contenido de sulfatos solubles en agua, ppm	No aplica	88,9	Buena

Fuente: Elaboración propia.

4.4 COMBINACIÓN PORCENTUAL DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA "TIOYACU" APLICANDO LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)".

Tabla 33

Combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino para un revenimiento de diseño de 100 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia a la rotura del concreto	Revenimiento solicitado en milímetros	Combinación porcentual de los agregados fino y grueso
140 kg/cm ²	100	38 % – 62 %
175 kg/cm ²	100	36 % – 64 %
210 kg/cm ²	100	34 % – 66 %
245 kg/cm ²	100	32 % – 68 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino para un revenimiento de diseño de 120 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia a la rotura del concreto	Revenimiento solicitado en milímetros	Combinación porcentual de los agregados fino y grueso
140 kg/cm ²	120	37 % – 63 %
175 kg/cm ²	120	35 % – 65 %
210 kg/cm ²	120	33 % – 67 %
245 kg/cm ²	120	31 % – 69 %

Fuente: Elaboración propia.

4.5 COMBINACIÓN PORCENTUAL DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA "TIOYACU" APLICANDO LA TÉCNICA DE DISEÑO DE VITERVO A. O'REILLY DÍAZ. COMBINACIÓN ÓPTIMA A TRAVÉS DEL CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE VACÍOS.

Tabla 35

Relación entre la combinación porcentual del agregado grueso y agregado fino y el porcentaje de vacíos. Metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†].

Combinación porcentual de agregado fino y agregado grueso	Porcentaje de vacíos (%)
35 % – 65 %	28,60
40 % – 60 %	26,14
45 % – 55 %	28,34
50 % – 50 %	27,97
55 % – 45 %	27,28
60 % – 40 %	28,63

Fuente: Elaboración propia.

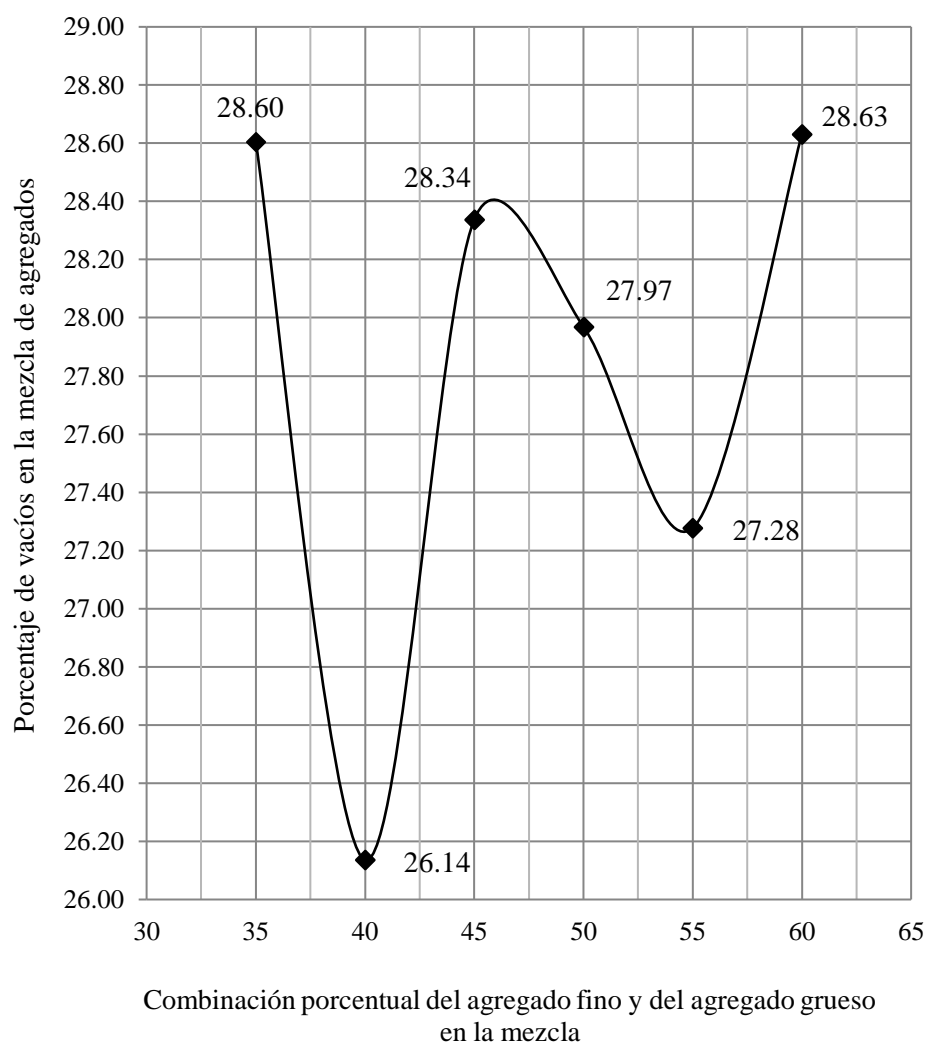


Figura 25: Relación entre la combinación porcentual de los agregados gruesos y finos y el porcentaje de vacíos. Metodología de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.

4.6 DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO.

Tabla 36

Determinación experimental del agua de diseño a utilizar. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia del concreto	Revenimiento solicitado	Agua (valor de tabla)	Revenimiento registrado	Agua (reglas del pulgar)	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	100 mm	195 L/m ³	0 mm	221 L/m ³	100 mm
175 kg/cm ²	100 mm	195 L/m ³	0 mm	223 L/m ³	95 mm

210 kg/cm ²	100 mm	195 L/m ³	0 mm	230 L/m ³	100 mm
245 kg/cm ²	100 mm	195 L/m ³	0 mm	233 L/m ³	100 mm
140 kg/cm ²	120 mm	195 L/m ³	0 mm	230 L/m ³	130 mm
175 kg/cm ²	120 mm	195 L/m ³	0 mm	232 L/m ³	120 mm
210 kg/cm ²	120 mm	195 L/m ³	0 mm	237 L/m ³	115 mm
245 kg/cm ²	120 mm	195 L/m ³	0 mm	239 L/m ³	120 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Determinación experimental del agua de diseño a utilizar. Metodologías de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†].

Resistencia del concreto	Revenimiento solicitado	Agua de mezclado	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	100 mm	213 L/m ³	100 mm
175 kg/cm ²	100 mm	217 L/m ³	100 mm
210 kg/cm ²	100 mm	222 L/m ³	100 mm
245 kg/cm ²	100 mm	229 L/m ³	100 mm
140 kg/cm ²	120 mm	226 L/m ³	120 mm
175 kg/cm ²	120 mm	230 L/m ³	120 mm
210 kg/cm ²	120 mm	231 L/m ³	120 mm
245 kg/cm ²	120 mm	237 L/m ³	120 mm

Fuente: Elaboración propia.

4.7 COMPOSICIÓN DE LA MASA DEL CONCRETO PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)".

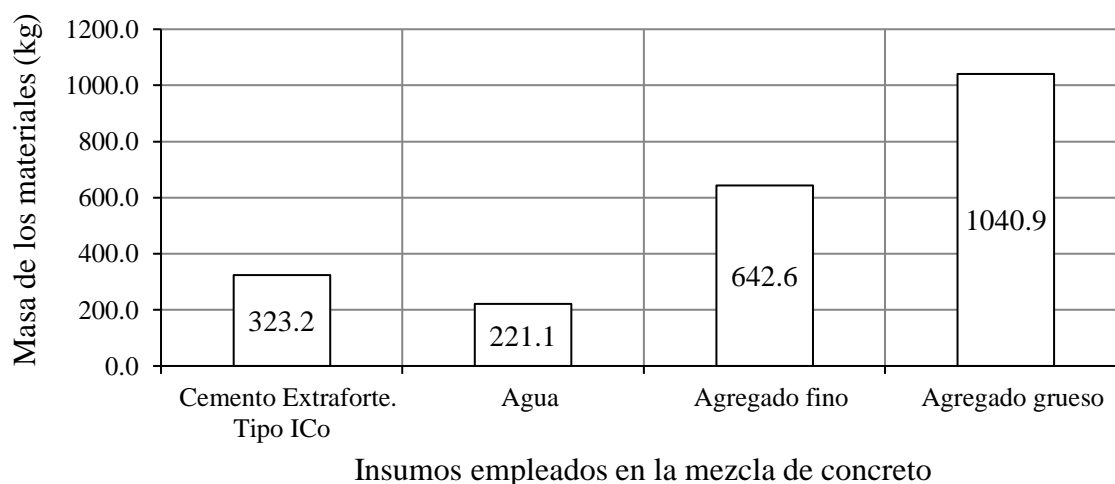


Figura 26: Composición de la masa de concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

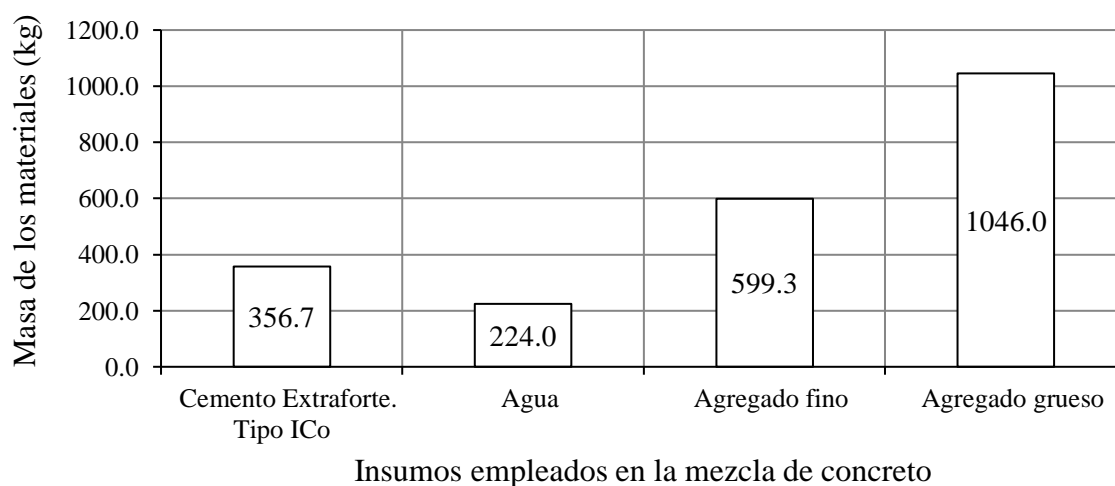


Figura 27: Composición de la masa de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

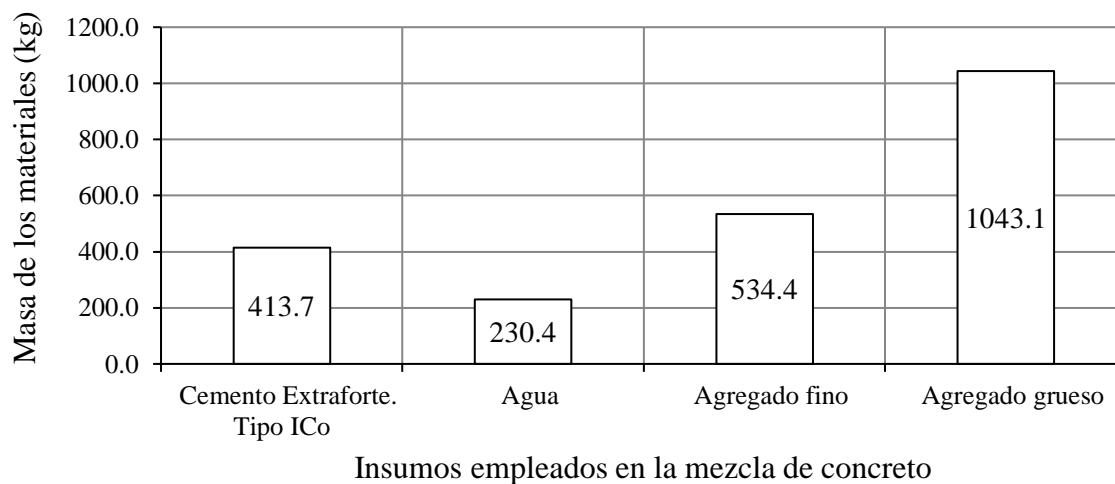


Figura 28: Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

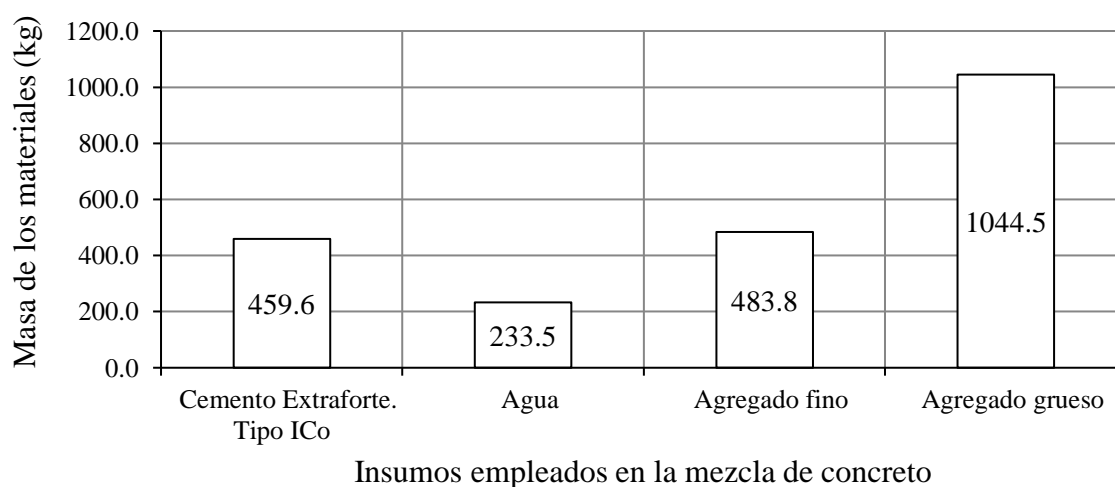


Figura 29: Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

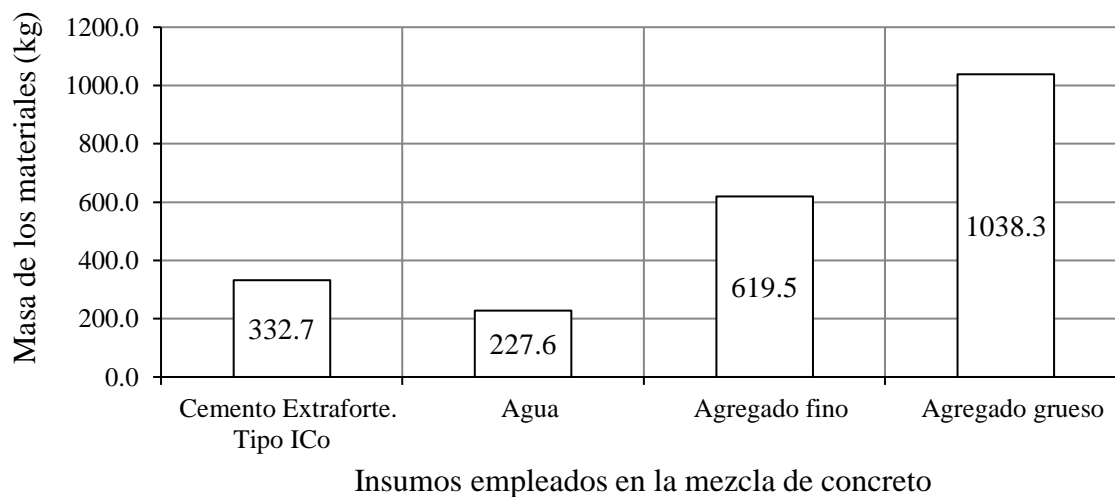


Figura 30: Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

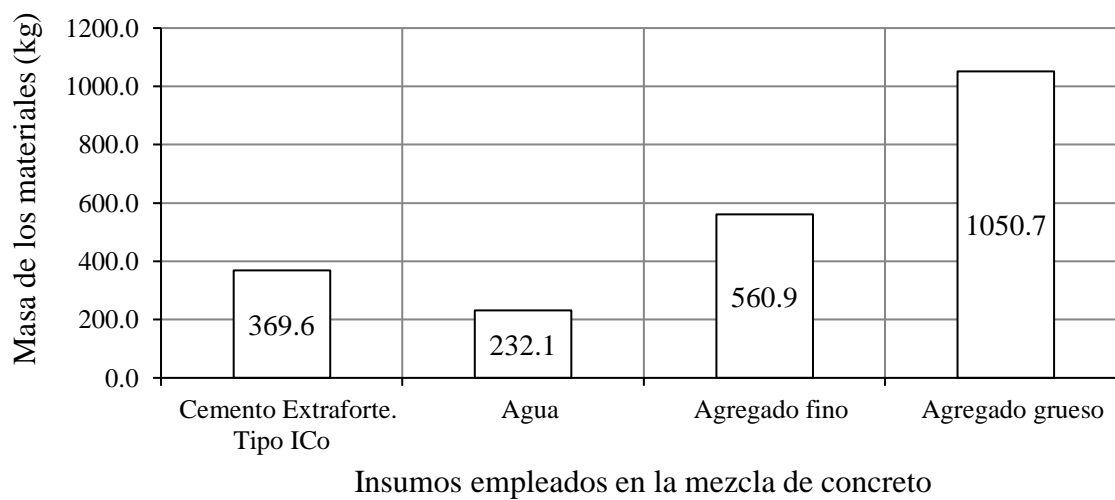


Figura 31: Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

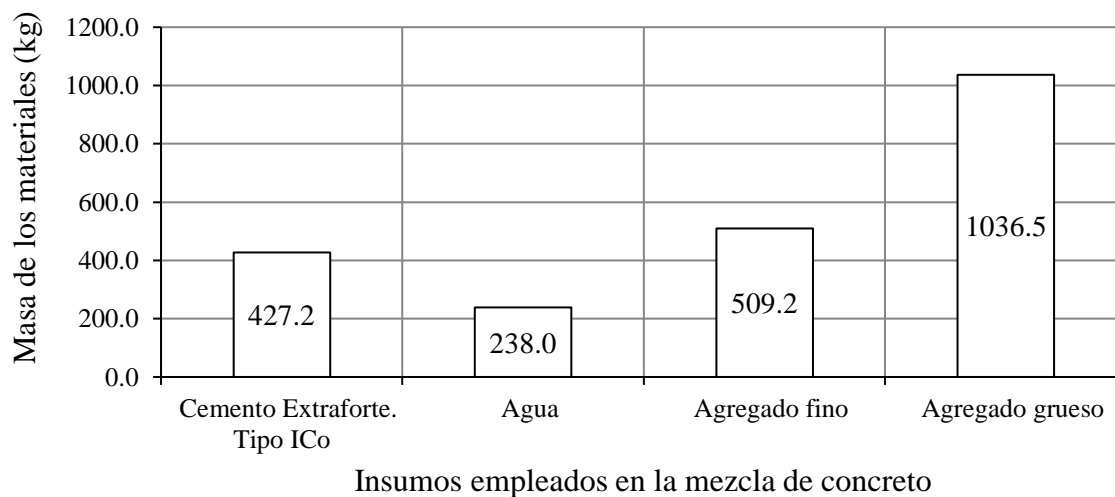


Figura 32: Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

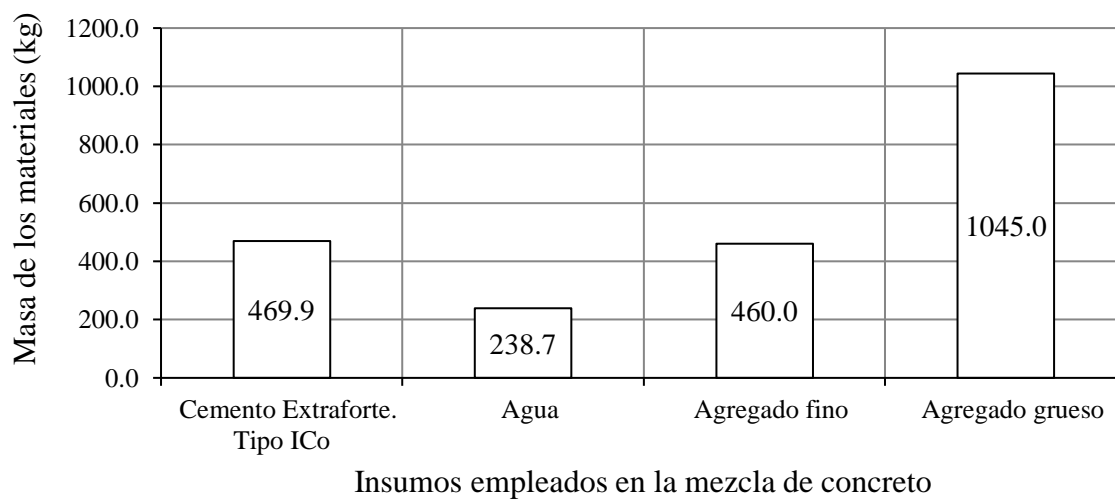
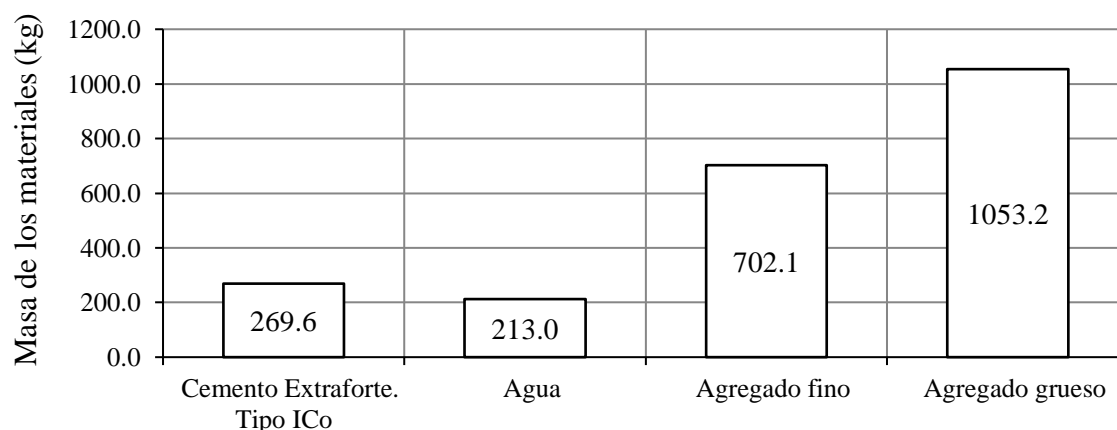


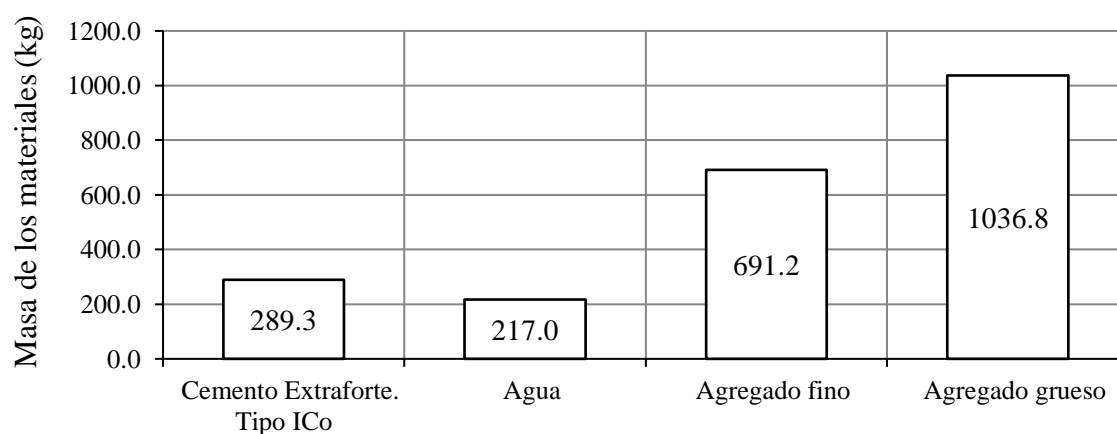
Figura 33: Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Fuente: Elaboración propia.

4.8 COMPOSICIÓN DE LA MASA DEL CONCRETO PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE DISEÑO "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" DE VITERVO A. O'REILLY DÍAZ†.



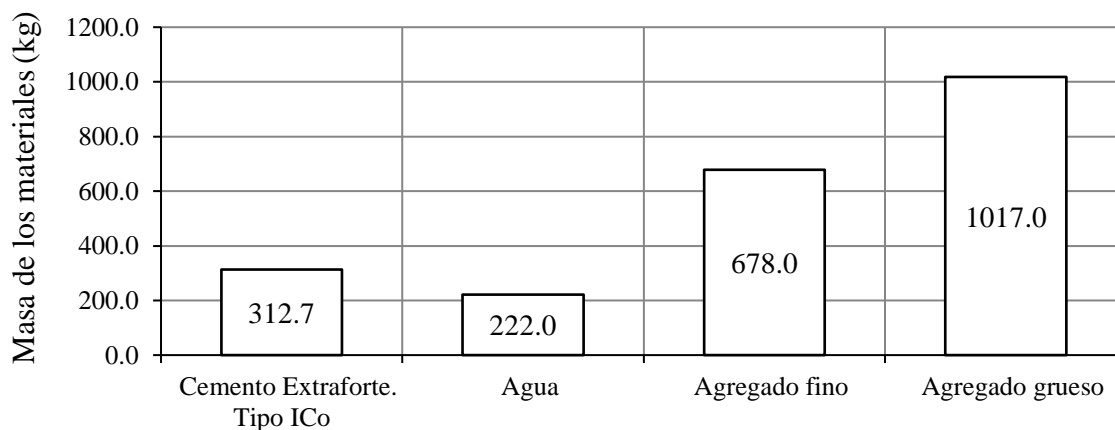
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 34: Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



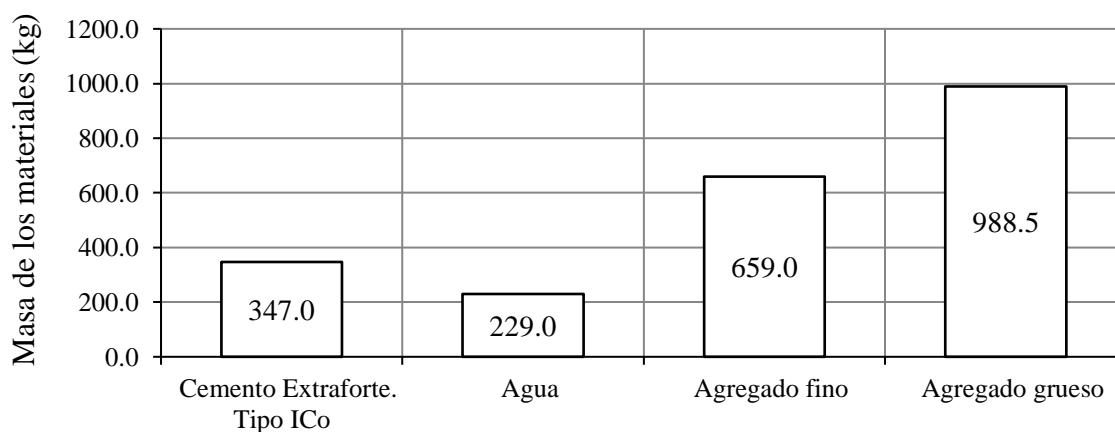
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 35: Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



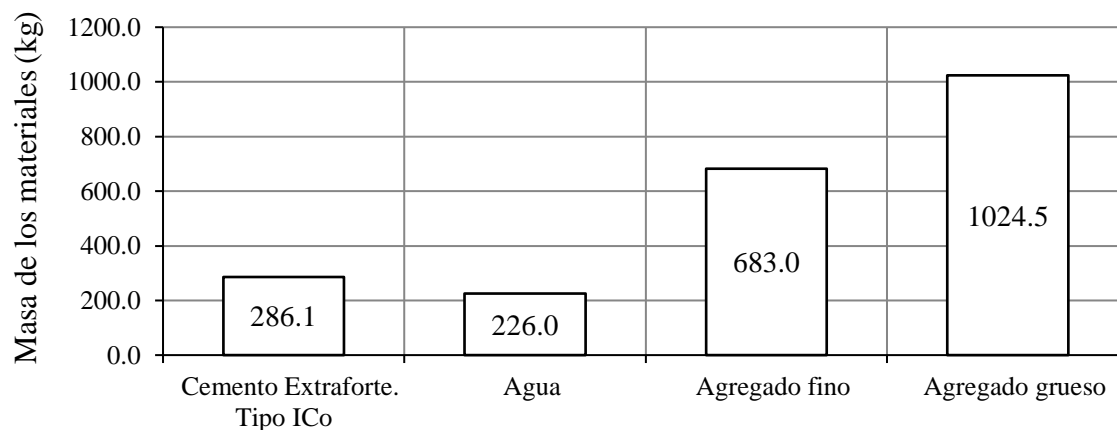
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 36: Composición de la masa de concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



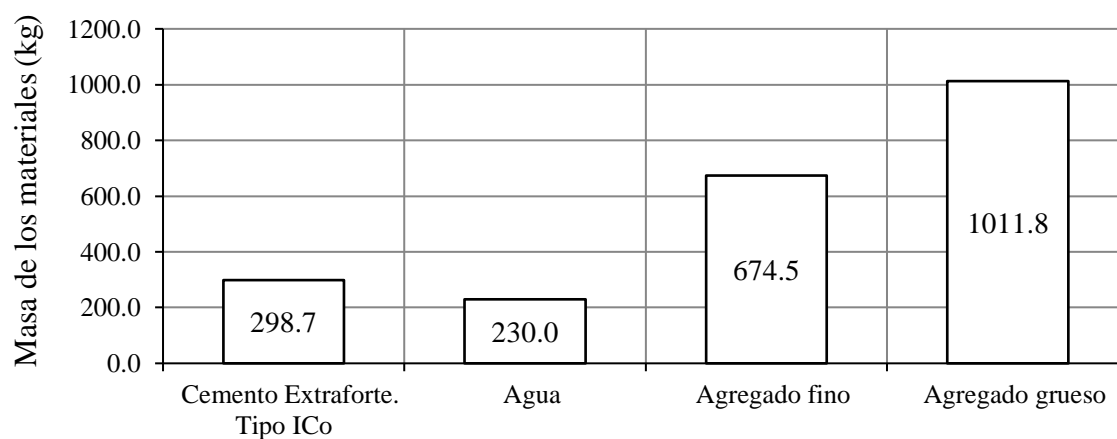
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 37: Composición de la masa de concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



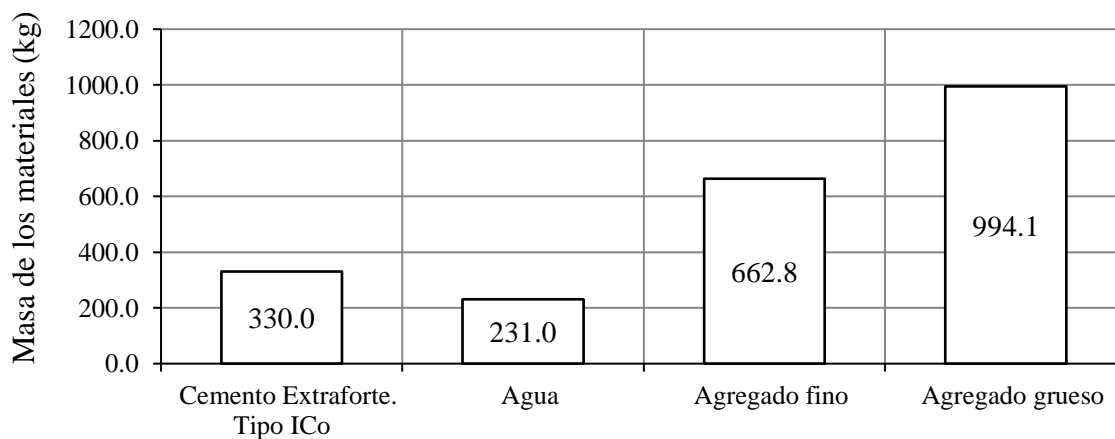
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 38: Composición de la masa de concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]. Fuente: Elaboración propia.



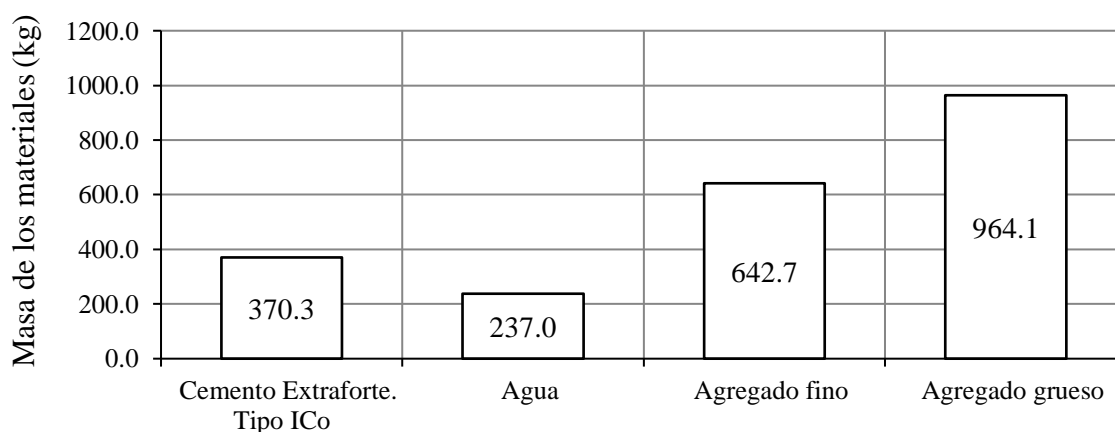
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 39: Composición de la masa de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]. Fuente: Elaboración propia.



Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 40: Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]. Fuente: Elaboración propia.



Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 41: Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]. Fuente: Elaboración propia.

4.9 RESISTENCIAS A LA ROTURA POR COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)".

Tabla 38

Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 100 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia a la rotura solicitado	Revenimiento solicitado	Resistencia a la rotura registrado	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	100 mm	189 kg/cm ²	< 75 mm
175 kg/cm ²	100 mm	243 kg/cm ²	<< 75 mm
210 kg/cm ²	100 mm	302 kg/cm ²	<< 75 mm
245 kg/cm ²	100 mm	353 kg/cm ²	<< 75 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 120 mm. Metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)".

Resistencia a la rotura solicitado	Revenimiento solicitado	Resistencia a la rotura registrado	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	120 mm	218 kg/cm ²	< 75 mm
175 kg/cm ²	120 mm	252 kg/cm ²	<< 75 mm
210 kg/cm ²	120 mm	304 kg/cm ²	<< 75 mm
245 kg/cm ²	120 mm	335 kg/cm ²	<< 75 mm

Fuente: Elaboración propia.

4.10 RESISTENCIAS A LA ROTURA POR COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO OBTENIDOS A TRAVÉS DEL "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" DE VITERVO A. O'REILLY DÍAZ†.

Tabla 40

Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 100 mm. Metodología "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†.

Resistencia a la rotura solicitado	Revenimiento solicitado	Resistencia a la rotura registrado	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	100 mm	183 kg/cm ²	< 100 mm
175 kg/cm ²	100 mm	203 kg/cm ²	< 100 mm
210 kg/cm ²	100 mm	274 kg/cm ²	< 100 mm
245 kg/cm ²	100 mm	307 kg/cm ²	< 100 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Resistencia promedio a la rotura por compresión de probetas de concreto según revenimiento solicitado de 120 mm. Metodología "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†.

Resistencia a la rotura solicitado	Revenimiento solicitado	Resistencia a la rotura registrado	Revenimiento registrado
140 kg/cm ²	120 mm	177 kg/cm ²	< 120 mm
175 kg/cm ²	120 mm	213 kg/cm ²	< 120 mm
210 kg/cm ²	120 mm	270 kg/cm ²	< 120 mm
245 kg/cm ²	120 mm	295 kg/cm ²	< 120 mm

Fuente: Elaboración propia.

4.11 CARACTERÍSTICA "A" DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA "TIOYACU".

Tabla 42

Característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" obtenida a través del MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA (Técnica de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]).

Resistencia a la rotura solicitado	Revenimiento solicitado	Coefficiente "A" obtenido
140 kg/cm ²	100 mm	0,6252
175 kg/cm ²	100 mm	0,6088
210 kg/cm ²	100 mm	0,6430
245 kg/cm ²	100 mm	0,6573
140 kg/cm ²	120 mm	0,6005
175 kg/cm ²	120 mm	0,6363
210 kg/cm ²	120 mm	0,6372
245 kg/cm ²	120 mm	0,6367

Fuente: Elaboración propia.

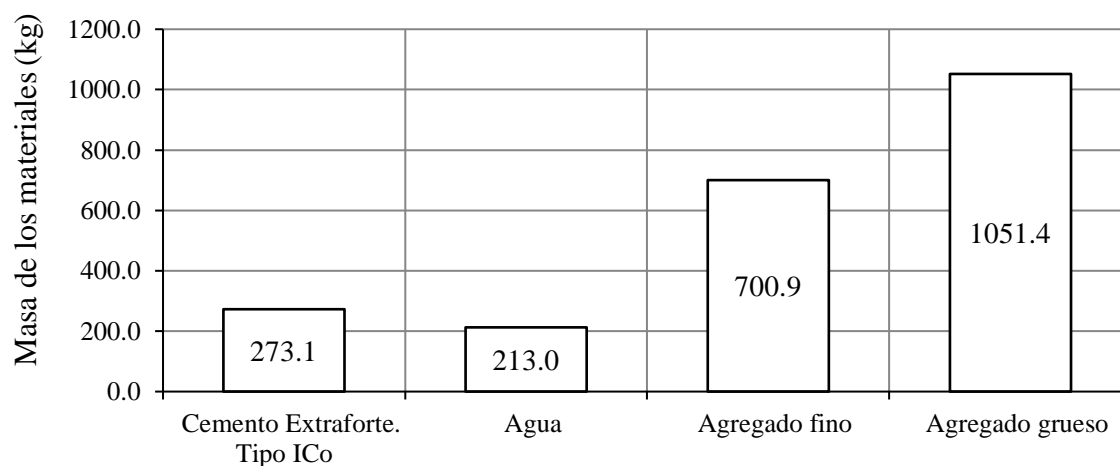
Tabla 43

Característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" obtenida a través del MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO (Técnica de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]).

Fracción del grano	Factor "φ" en dos planos	Factor "φ" promedio	Factor "P" en dos planos	Factor "P" promedio	Coefficiente "A"
25 mm	0,8044	0,7737	0,3366	0,3495	0,5123
	0,7430		0,3625		
19 mm	0,7881	0,7790	0,3765	0,3751	0,5154
	0,7699		0,3736		
12,5 mm	0,7253	0,7146	0,3870	0,4209	0,5136
	0,7039		0,4548		
9,5 mm	0,7317	0,7255	0,5120	0,5060	0,5231
	0,7192		0,4999		

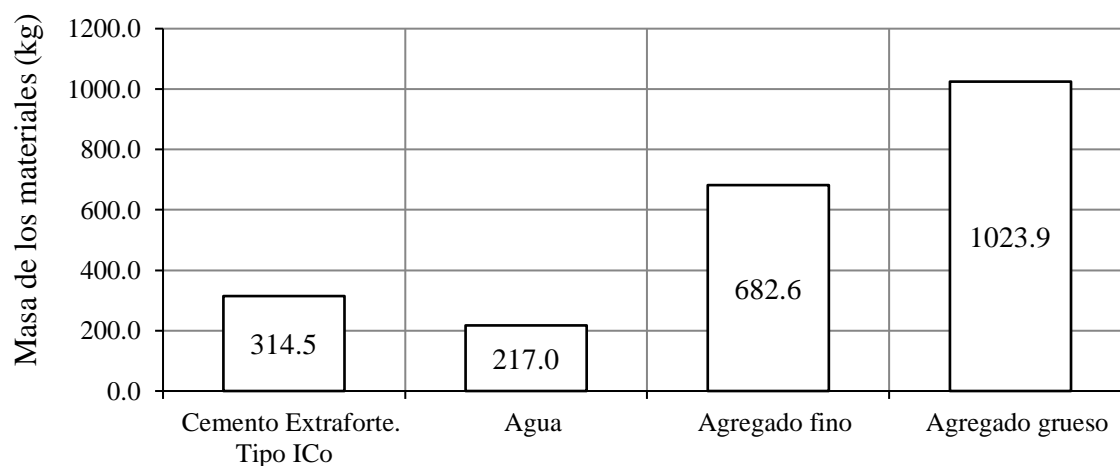
Fuente: Elaboración propia.

4.12 COMPOSICIÓN DE LA MASA DEL CONCRETO PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS MEDIANTE EL "MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA CARACTERÍSTICA A DEL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETOS" DE VITERVO A. O'REILLY DÍAZ†.



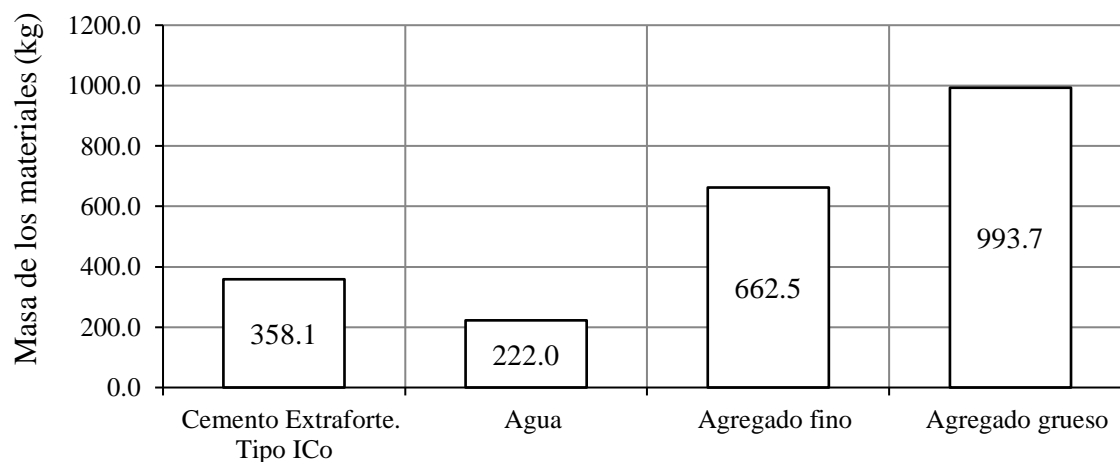
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 42: Composición de la masa de concreto $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



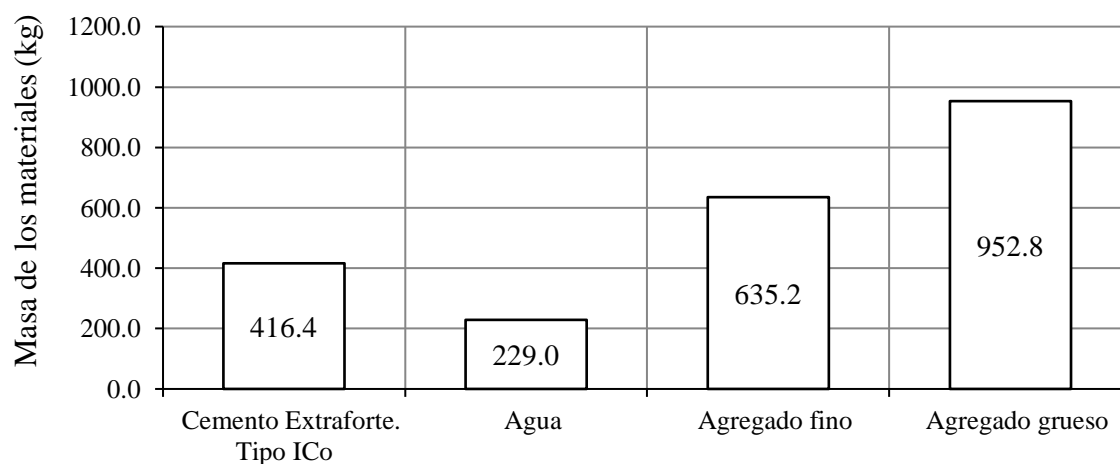
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 43: Composición de la masa de concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



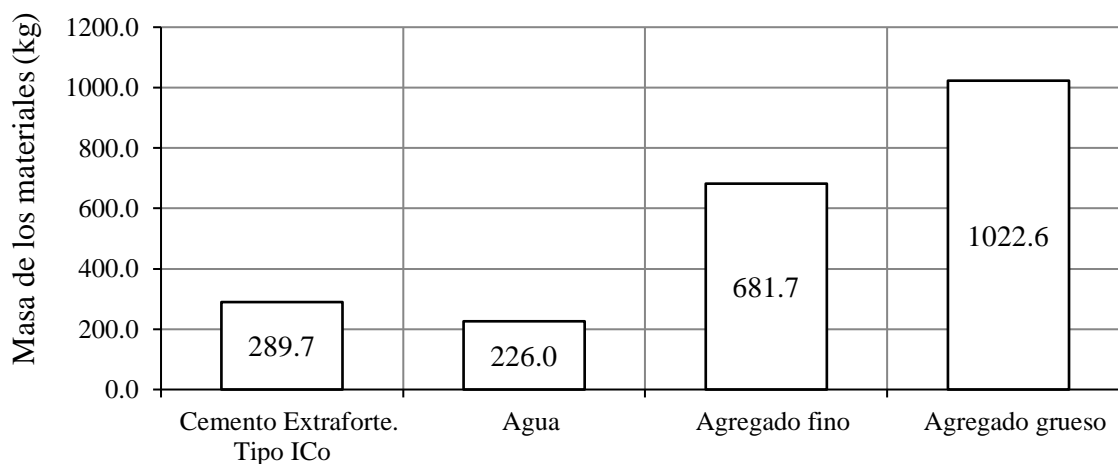
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 44: Composición de la masa de concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



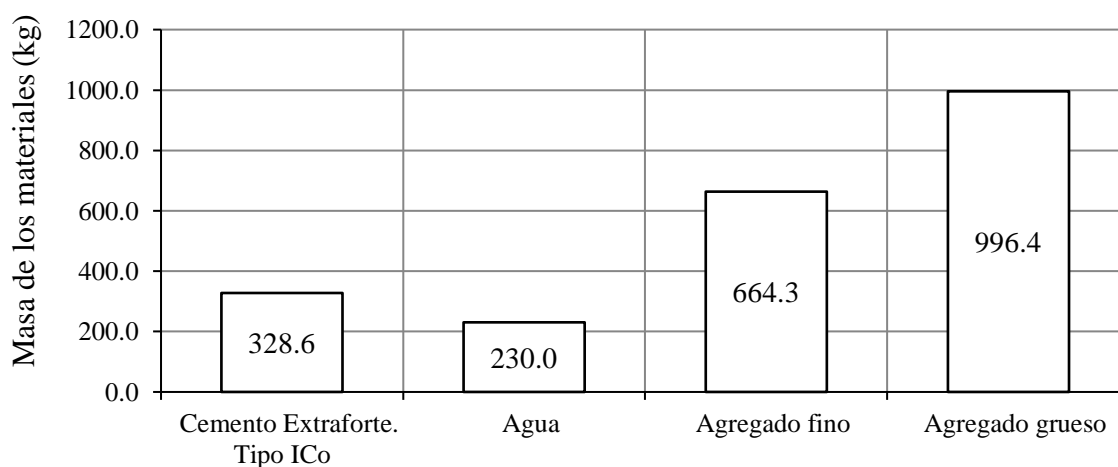
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 45: Composición de la masa de concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 100 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



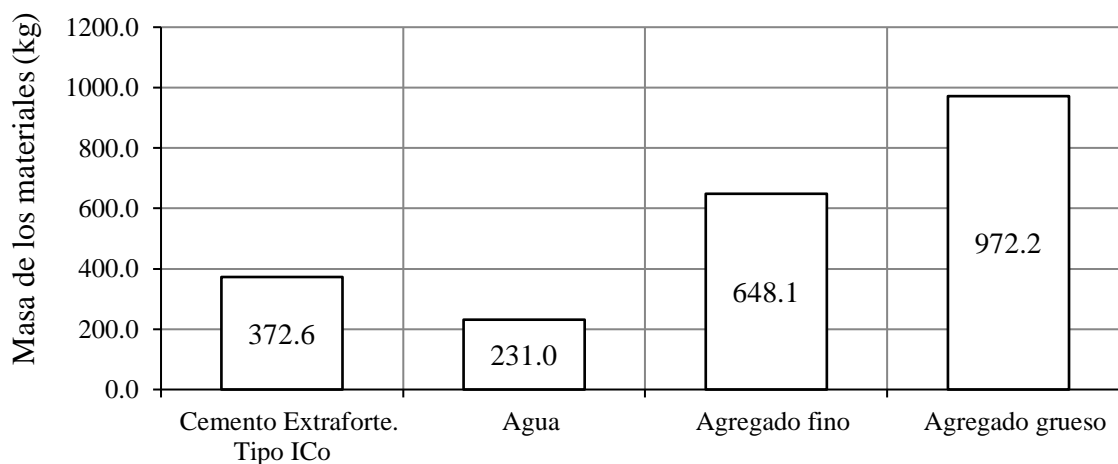
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 46: Composición de la masa de concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



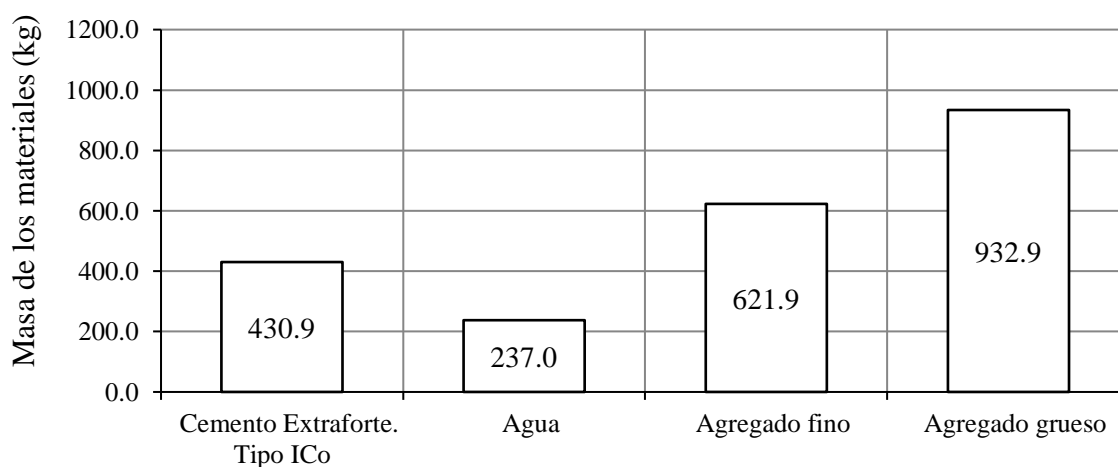
Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 47: Composición de la masa de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 48: Composición de la masa de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.



Insumos empleados en la mezcla de concreto

Figura 49: Composición de la masa de concreto $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con revenimiento de 120 mm. Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" de Vitervo A. O'Reilly Díaz†. Fuente: Elaboración propia.

4.13 DENSIDAD DEL CONCRETO.

Tabla 44

Densidad del concreto en estado fresco y en estado endurecido según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 100 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño	Densidad del concreto		
		Fresco (kg/m ³)	Seco (kg/m ³)	Aparente (kg/m ³)
140 kg/cm ²	ACI 211.1	2351	2205	2560
	VAOD*	2386	2204	2586
175 kg/cm ²	ACI 211.1	2366	2158	2521
	VAOD*	2387	2184	2552
210 kg/cm ²	ACI 211.1	2372	2156	2512
	VAOD*	2382	2221	2535
245 kg/cm ²	ACI 211.1	2382	2181	2470
	VAOD*	2375	2199	2515

VAOD*: Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz[†].
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

Densidad del concreto en estado fresco y en estado endurecido según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 120 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño	Densidad del concreto		
		Fresco (kg/m ³)	Seco (kg/m ³)	Aparente (kg/m ³)
140 kg/cm ²	ACI 211.1	2355	2158	2524
	VAOD*	2392	2260	2574

175 kg/cm ²	ACI 211.1	2385	2103	2491
	VAOD*	2389	2142	2503
210 kg/cm ²	ACI 211.1	2365	2083	2483
	VAOD*	2377	2260	2574
245 kg/cm ²	ACI 211.1	2388	2147	2480
	VAOD*	2392	2191	2502

VAOD*: Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz[†].
Fuente: Elaboración propia.

4.14 AIRE ATRAPADO Y VOLUMEN DE POROS PERMEABLES EN LA COMPOSICIÓN DE LA MASA DEL CONCRETO.

Tabla 46

Aire atrapado y volumen de poros permeables en la composición de la masa del concreto según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 100 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño	Aire atrapado	Poros permeables
140 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	13,9 %
	VAOD*	2,0 %	14,8 %
175 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	14,4 %
	VAOD*	2,0 %	14,4 %
210 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	14,2 %
	VAOD*	2,0 %	12,4 %
245 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	11,7 %
	VAOD*	2,0 %	12,6 %

VAOD*: Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz[†].
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47

Aire atrapado y volumen de poros permeables en la composición de la masa del concreto según resistencia especificada y revenimiento de diseño de 120 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño	Aire atrapado	Poros permeables
140 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	14,5 %
	VAOD*	2,0 %	12,2 %
175 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	15,6 %
	VAOD*	2,0 %	14,4 %
210 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	16,1 %
	VAOD*	2,0 %	12,4 %
245 kg/cm ²	ACI 211.1	1,5 %	13,4 %
	VAOD*	2,0 %	12,9 %

VAOD*: Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz[†].
Fuente: Elaboración propia.

4.15 CANTIDAD COMPARATIVA DE CEMENTO EXTRAFORTE TIPO IC_o EMPLEADO EN LA COMPOSICIÓN DE MASAS DE CONCRETO.

Tabla 48

Cantidad comparativa de Cemento Extraforte Tipo IC_o empleado en la composición de la masa del concreto con revenimiento de diseño de 100 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño del Comité 211.1 ACI	Metodologías de diseño de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz [†]	
		Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia	Método Físico - Matemático
140 kg/cm ²	323,2 kg/m ³	269,6 kg/m ³	273,1 kg/m ³
175 kg/cm ²	356,7 kg/m ³	289,3 kg/m ³	310,0 kg/m ³

210 kg/cm ²	413,7 kg/m ³	312,7 kg/m ³	358,1 kg/m ³
245 kg/cm ²	459,6 kg/m ³	347,0 kg/m ³	408,9 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49

Cantidad comparativa de Cemento Extraforte Tipo ICo empleado en la composición de la masa del concreto con revenimiento de diseño de 120 mm.

Resistencia del concreto	Metodología de diseño del Comité 211.1 ACI	Metodologías de diseño de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz [†]	
		Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia	Método Físico - Matemático
140 kg/cm ²	332,7 kg/m ³	286,1 kg/m ³	289,7 kg/m ³
175 kg/cm ²	369,6 kg/m ³	298,7 kg/m ³	328,6 kg/m ³
210 kg/cm ²	427,2 kg/m ³	330,0 kg/m ³	372,6 kg/m ³
245 kg/cm ²	469,9 kg/m ³	370,3 kg/m ³	430,9 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

4.16 COMPARACIÓN PORCENTUAL DE CEMENTO EXTRAFORTE TIPO ICo EMPLEADO CON LAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE VITERVO A. O'REILLY DÍAZ RESPECTO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)".

(Véase la siguiente página)

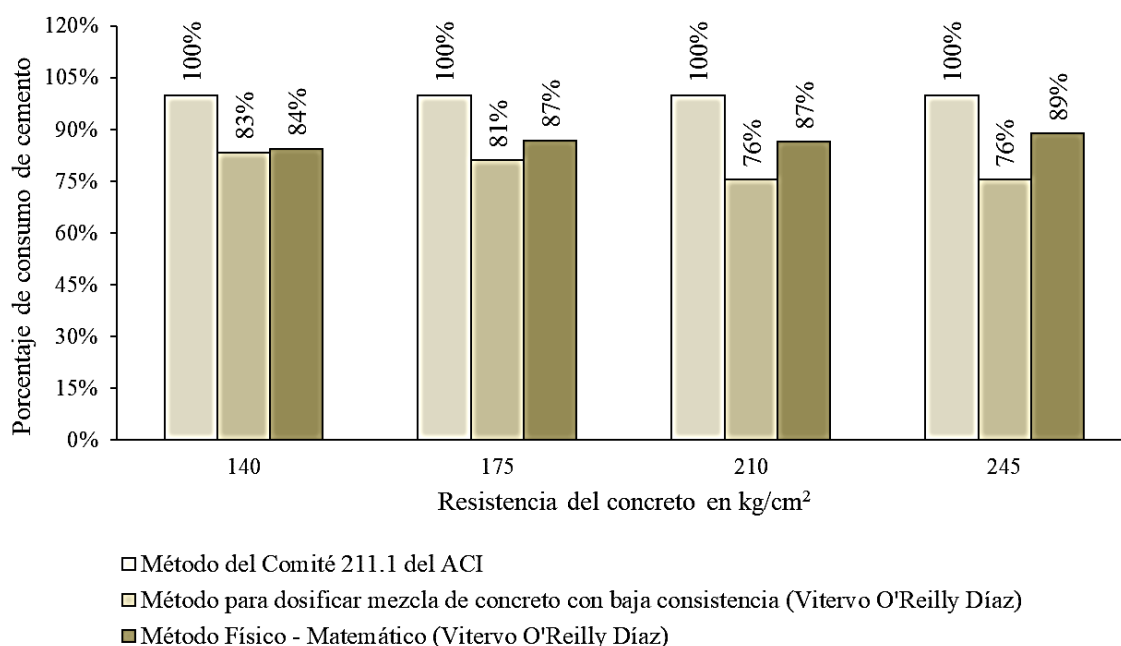


Figura 50: Comparación porcentual de CEMENTO EXTRAFORTE TIPO ICo empleado con las metodologías de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] respecto a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Revenimiento: 100 mm. Fuente: Elaboración propia.

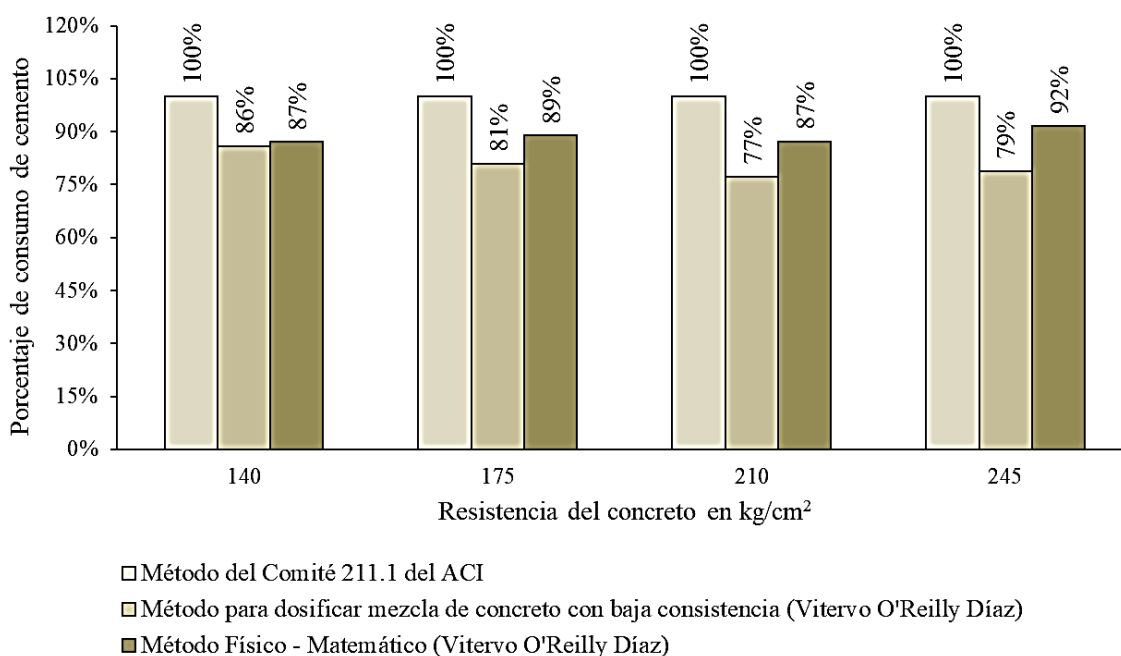


Figura 51: Comparación porcentual de CEMENTO EXTRAFORTE TIPO ICo empleado con las metodologías de diseño de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] respecto a la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)". Revenimiento: 120 mm. Fuente: Elaboración propia.

4.17 COSTOS DE PRODUCCIÓN COMPARATIVOS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS MASAS DE CONCRETO.

Tabla 50

Comparación de costos unitarios de producción considerando solo materiales en 1 m³ de concreto con revenimiento de diseño de 100 mm.

Resistencia del concreto	Metodología del Comité 211.1 ACI	Metodología de Vitervo O'Reilly Díaz [†]	Diferencia del costo unitario por solo materiales
140 kg/cm ²	S/. 286,08	S/. 260,88	S/. 25,20
175 kg/cm ²	S/. 303,34	S/. 282,24	S/. 21,10
210 kg/cm ²	S/. 332,51	S/. 304,60	S/. 27,91
245 kg/cm ²	S/. 356,33	S/. 334,47	S/. 21,86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51

Comparación de costos unitarios de producción considerando solo materiales en 1 m³ de concreto con revenimiento de diseño de 120 mm.

Resistencia del concreto	Metodología del Comité 211.1 ACI	Metodología de Vitervo O'Reilly Díaz [†]	Diferencia del costo unitario por solo materiales
140 kg/cm ²	S/. 290,12	S/. 267,75	S/. 22,37
175 kg/cm ²	S/. 308,90	S/. 287,75	S/. 21,15
210 kg/cm ²	S/. 338,52	S/. 310,94	S/. 27,58
245 kg/cm ²	S/. 360,97	S/. 340,98	S/. 19,99

Fuente: Elaboración propia.

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

5.1.1 Generalidades.

Los resultados adquiridos a través de los distintos ensayos llevados a cabo en el presente trabajo: ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS FABRICADOS DE ACUERDO A LA TÉCNICA DE DISEÑO "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)" Y TÉCNICAS DE DISEÑO "VITERVO A. O'REILLY DÍAZ", son de suma importancia.

Los materiales directos manejados en este trabajo de investigación fueron:

CEMENTO EXTRAFORTE ICo (cemento Portland Compuesto) producido bajo certificación ISO 9001 por la industria cementera "CEMENTOS SELVA".

Agregado grueso triturado, procedente de la cantera de cerro "Tioyacu".

Agregado fino, procedente de la cantera de cerro "Tioyacu".

En este estudio comparativo, el agregado grueso presentó un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulg).

Todo lo relacionado a la conducción de ensayos sobre suelos, agregados y concreto en estado fresco y endurecido, se forjaron conforme a las directivas de las Normas Técnicas Peruanas y del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Todas las medidas del esfuerzo a la compresión del concreto se ejecutaron a los 28 días. Por cada diseño efectuado con la metodología de Comité 211.1 (American Concrete Institute 211.1; año 1997; pág. 13), se fabricó nueve probetas cilíndricas de concreto para obtener tres muestras consecutivas (una muestra es promedio de tres probetas), lo que a comparación

con la metodología "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" (Vitervo A. O'Reilly Díaz[†]; año 2007; pág. 97) se fabricó dieciocho probetas cilíndricas de concreto para obtener nueve muestras (una muestra es promedio de dos probetas).

En cuanto a las medidas de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido, se declara que por cada diseño efectuado se fabricó una probeta cilíndrica de concreto para de éstas obtener muestras cúbicas talladas con cortadoras (NTP 339.187; año 2002).

5.1.2 Ensayos preliminares.

La cuantificación de las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados (agregado grueso triturado y agregado fino) se alcanzó a través del desarrollo de ensayos normalizados a nivel de laboratorio para determinar su valoración y aplicación.

La combinación porcentual óptima de los agregados aplicando la técnica de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] (año 1985; pág. 10), se obtuvo a través del cálculo del mínimo de vacíos expresado en porcentaje, dando como combinación final 40 % de agregado fino y 60 % de agregado grueso para todos los diseños de mezclas trazados en este estudio. Esta determinación se hizo experimentalmente y se manejó agregados enfriados previamente secados en horno por un periodo no menor a 24 horas. Los resultados se exponen en la Tabla 35 y en la Figura 25 de este informe (véanse págs. 204 y 205).

A diferencia de la metodología del Comité 211.1 del American Concrete Institute, la combinación porcentual de los agregados se obtuvo preliminarmente con el cálculo del módulo de fineza del agregado fino y con la determinación del tamaño máximo nominal del agregado grueso, ambos conseguidos a través de los análisis granulométricos respectivos. La combinación porcentual final se obtuvo tras los ajustes a las mezclas de prueba con la aplicación de las REGLAS DEL PULGAR (ACI 211.1; año 1997; pág. 15) para correcciones por diferencias en el revenimiento (véase también pág. 84 de este informe). Seguido a estos ajustes se verificó el peso unitario (densidad) del concreto, la cohesividad, la trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como propiedades de acabado. Los resultados en cuanto a las combinaciones

finales por cada diseño de mezclas se exponen en las Tablas 33 y 34 de este informe (véanse págs. 203 y 204).

5.1.3 Cemento.

Para el proporcionamiento de las mezclas de concreto se utilizó cemento Portland adicionado (Cemento Portland ICo) con peso específico de 3,02. En la aplicación de las técnicas del profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†] (año 1985; pág. 8), se empleó además la resistencia mecánica del cemento determinada a los 28 días, el cual es de 341 kg/cm².

Es de resaltar que este último valor nos lo venden al adquirir dicho insumo y se expone en su respectivo certificado de calidad.

5.1.4 Agregados.

5.1.4.1 Agregado fino.

El agregado fino ha sido proveniente de chancado y deriva de la cantera de cerro "Tioyacu"; es de origen marino, de naturaleza caliza y su explotación se delimita en el distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín. Este agregado es producido bajo certificación ISO 9001 (2013 – 2014) por la industria cementera "CEMENTOS SELVA".

Las características físicas, mecánicas y químicas se contienen dentro de los límites exigidos conforme a norma (NTP 400.037; año 2002; págs. 9 al 14). Asimismo, en la Figura 24 de este informe (véase pág. 199), se aprecia que la granulometría de este agregado es tendida y se marca regularmente entre los husos granulométricos determinados por norma (NTP 400.037; año 2002; págs. 7 y 9).

5.1.4.2 Agregado grueso.

Al igual que el agregado fino, el agregado grueso triturado con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulg), también es oriundo de la cantera de cerro "Tioyacu", y su producción

también es bajo certificación ISO 9001 (2013 – 2014) por la industria cementera "CEMENTOS SELVA".

Las características físicas, mecánicas y químicas se localizan dentro de los límites demandados por norma (NTP 400.037; año 2002; págs. 9 al 14). De la misma forma, en la Figura 23 de este informe (véase pág. 198), se aprecia que la granulometría de este agregado se halla próximo al límite superior del huso granulométrico N° 57 (NTP 400.037; año 2002; págs. 7 y 8), por lo que este material se le considera como bueno.

5.1.5 Propiedades del concreto en estado fresco.

En el concreto fresco se pueden ejecutar estudios de naturaleza no destructiva para apreciar las características de trabajabilidad, cohesión, peso unitario, segregación, exudación y contracción.

Aquí, la trabajabilidad, la cohesión y la segregación fueron observadas tras tandas homogéneas batidas a mano en recipientes metálicos no absorbentes a distintos tiempos (a uno, cinco y quince minutos).

En las tandas de ensayo, y bajo recomendación del profesor Vitervo O'Reilly Díaz[†], se evitó el manejo de mezcladoras mecánicas dado a que estos no nos permiten medir la real trabajabilidad a través de la cuantificación del agua de las mezclas de prueba.

5.1.5.1 Trabajabilidad.

En este estudio comparativo, la trabajabilidad fue medida por la facilidad y por la homogeneidad con la que los componentes esenciales del concreto se pueden mezclar, colocar, compactar y terminar permitiendo su acabado sin segregación, ni sangrados nocivos, así como medir su moldeabilidad y su adherencia.

Tras la medida de la trabajabilidad fueron también observadas, después de tandas homogéneas batidas a mano en recipientes metálicos no absorbentes a distintos tiempos, la cohesión y la segregación. En las tandas de ensayo se evitó el manejo de mezcladoras

mecánicas porque estos no nos permiten medir la real trabajabilidad a través de la cuantificación del agua de las mezclas de prueba.

Reúne subrayar, que en las instalaciones del laboratorio de la Empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba, se llevó a cabo tandas de ensayo para no solo observar en 20 litros de mezcla la influencia de la plasticidad del concreto en estado fresco en forma directa teniendo en cuenta la temperatura del entorno, sino también, ejecutar tomas de densidades (pesos unitarios) después de la cuantificación prefijada y corregida como cuantificación experimental del agua para la obtención de los revenimientos de diseño.

5.1.5.2 Consistencia (cohesión y viscosidad).

En este estudio comparativo, la prueba del asentamiento o revenimiento es quién nos ofreció información sobre la consistencia del concreto y sobre el posible comportamiento durante la manipulación de éste en obra.

Esta información se ha deducido no solo por la diferencia medida en centímetros entre la altura del molde empleado y la altura del cono de concreto deformado, sino también, por la forma del cómo se asienta la muestra de concreto revenida a través del CONO DE ABRAMS, siendo en todos los casos uniformes, de consistencias plásticas (100 y 120 milímetros) y cohesivas para un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 25 mm.

En mezclas así puede considerarse que el dato del revenimiento es confiablemente representativo de su consistencia, la cual en este caso sería indicativo de una fácil inclinación a fluir sin segregar en condiciones de manipulación normal.

5.1.5.3 Peso unitario.

En este estudio comparativo y detrás de la medida de la trabajabilidad y la consistencia, se tomó los pesos unitarios o densidades del concreto en estado fresco. Estos pesos unitarios según los revenimientos requeridos se exponen como densidad del concreto en estado fresco en las Tablas 44 y 45 de este informe (véanse págs. 222 y 223).

Reúne nuevamente subrayar, el hecho de que estos pesos unitarios o densidades se tomaron sobre las tandas de ensayo en las instalaciones de la Empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba. Estos pesos unitarios para el caso de la metodología del ACI 211.1 se tomaron después de la cuantificación prefijada y corregida del agua y para el caso de las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] se tomaron después de la cuantificación directa y experimental del agua para la obtención de los revenimientos de diseño.

5.1.5.4 Segregación, exudación y contracción.

En este estudio comparativo, la segregación y la exudación fueron observadas en las tandas de ensayo hechas a mano sobre depósitos metálicos no absorbentes. Estas observaciones, se hicieron después de las medidas de la trabajabilidad y la consistencia para cada tipo de concreto trazado en este estudio.

En todos los tipos de concreto mencionados y desarrollados en laboratorio, no se manifestaron concentraciones diferenciales de los materiales que compusieron las mezclas de concreto, es decir, no hubo descomposición mecánica de las partes constituyentes del concreto fresco, no hubo segregación o falta de cohesividad frente a las cantidades de agua colocada después de la cuantificación prefijada y corregida como cuantificación experimental para la obtención de los revenimientos de diseño. De similar forma, se observó el desarrollo de la exudación, el cual no fue dañina por causa de los contextos controlados en laboratorio.

Es de resaltar para el caso de las contracciones, que éstas no fueron observadas durante la experimentación en laboratorio, debido a los pequeños volúmenes de concreto elaborado en cada metodología aplicada (estos volúmenes solo fueron para efectos de fabricación y rotura de probetas).

5.1.6 Propiedades del concreto en estado endurecido.

En el concreto endurecido se pueden ejecutar estudios de naturaleza destructiva y no destructiva para apreciar las características físicas, mecánicas e hidráulicas de éste en esta condición.

En este estudio comparativo, solo se trató de la medida del esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto y de la medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto).

5.1.6.1 Medida del esfuerzo a la compresión.

La rotura de las muestras cilíndricas de concreto se realizó en las instalaciones de la Planta de Concreto Premezclado de "Cementos Pacasmayo" cuya administración está dirigida por DINO SELVA de la Zonal de Tarapoto. Estas roturas se realizaron en una máquina de serie digital con capacidad de sostener una velocidad de carga uniforme y continua y cuyo diseño compacto consistió de una bomba hidráulica, un marco de carga con capacidad máxima de 150 toneladas (150000 kg) y un sistema de lectura digital que ofrece gran productividad y precisión en probetas cilíndricas de 10 x 20 cm y 15 x 30 cm, probetas cúbicas, vigas y bloques de albañilería.

Se realizaron las roturas de 216 probetas cilíndricas regulares de concreto de 15 x 30 cm con mortero de azufre como material de refrentado (NTP 339.034, año 2008, págs. 4 al 6; NTP 339.037, año 2008, pág. 6).

Las resistencias (promedios) a la rotura por compresión de las probetas de concreto según los revenimientos solicitados se exponen en las Tablas 38, 39, 40 y 41 de este informe (véanse págs. 215 y 216), para la edad de 28 días los mismos que fueron aceptables. Mayores detalles encuéntrase en los Anexos 22, 23, 24 y 25 de este informe.

5.1.6.2 Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto).

Las medidas de la densidad, absorción y del porcentaje de vacíos en el concreto endurecido, se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín de la ciudad de Tarapoto, conforme a lo dictaminado en norma (NTP 339.187, año 2003, págs. 1 al 6). Estas medidas se realizaron sobre muestras de concreto endurecido con volumen de 1000 cm³ aproximadamente. Estas muestras derivaron de probetas cilíndricas de 15 x 30 cm.

Las medidas (promedios) según los revenimientos solicitados, se exponen en las Tablas 44, 45, 46 y 47 de este informe (véanse págs. 222, 223 y 224), para la edad de 28 días. Mayores detalles encuéntrase en los Anexos 26, 27, 28 y 29 de este informe.

5.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.2.1 Agregados.

Acorde con los resultados obtenidos con la aplicación de las Normas Técnicas Peruanas que se han descrito en el acápite 3.2.5.1 de este informe, se evaluó la calidad del agregado grueso y del agregado fino de la cantera "Tioyacu", fundándonos en los requisitos que estos tienen que cumplir para su utilización en las mezclas de concreto.

En las Tablas 31 y 32 de este informe, se observa que el agregado grueso y el agregado fino cumplen regularmente con los requisitos de granulometría que establece la NTP 400.037; asimismo, el agregado fino guarda un módulo de fineza igual al límite superior establecido ($MF = 3,1$).

Del mismo modo y conforme a lo señalado en las Tablas 31 y 32, se observa que el agregado grueso y el agregado fino exhiben buenas características de densidad relativa (gravedad específica), absorción, inalterabilidad (resistencia al desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio) y resistencia a la abrasión (en el caso del agregado grueso); características que a su vez son indicativos de la buena calidad intrínseca de la roca del cual derivan, por lo que con estas características se pueden obtener concretos con características normales de deformabilidad. Asimismo, estos agregados exteriorizan baja presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables y una presencia admisible de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

De la misma forma, cabe resaltar que en la determinación cualitativa de cloruros y sulfatos (avisado (1) en Tablas 31 y 32 de este informe) se encontró trazas y presencia de estos, es decir, la solución empleada se tornó ligeramente blanca para el caso de los cloruros y con apreciable cantidad de precipitado cristalino para el caso de los sulfatos. Tras estos resultados, se evaluó la aptitud de dichos agregados mediante la cuantificación del contenido

de cloruros solubles en agua, encontrándose que estos no superaron los requisitos expuestos en la NTP 400.037, por lo que estos agregados son competentes para la elaboración de concretos del tipo simple, reforzado y pretensado (valores máximos respectivos: 0,15 %; 0,06 % y 0,03 %; compárese estos valores con el valor del avisado (2) de las Tablas 31 y 32 de este informe).

Sin embargo y conforme a la Norma Técnica de Edificación E.060, existe un criterio en la que consiste establecer un límite máximo permisible de cloruros solubles en agua en la mezcla de concreto endurecido a edades que van desde 28 a 42 días, sumando las aportaciones provenientes de sus diversos componentes (incluye agua, agregados, materiales cementantes y aditivos).

Igualmente, y acorde a la Tabla 32, el agregado fino no presenta materia orgánica (grado 1).

Otro sí y cabe exteriorizar, que tanto el agregado grueso como el agregado fino exceden los límites permisibles para material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200) por lavado. Este material fino presente en ambos agregados (véase el avisado (4) en las Tablas 31 y 32 de este informe) no es ni limo ni arcilla, sino polvo de roca proveniente de la trituración de la roca del cual derivan dichos agregados. Para el caso del agregado grueso, los requisitos normalizados exigen que éste no debe superar el 1 % (la Tabla 31 expone 2,3 %). En cambio, para el agregado fino es 3 % para concretos sujetos a abrasión y 5 % para otros concretos, con la salvedad de que estos dos últimos valores pueden aumentarse a 5 % y 7 % respectivamente si el material proviene de chancado y que el material que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) no sea arcilla (la Tabla 32 expone 15,1 %).

De igual forma resulta con el equivalente de arena, cuyo valor (63 %, conforme el avisado (3) de la Tabla 32 de este informe) confirma la excesiva presencia de material más fino que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200). Los requisitos normalizados exigen que éste debe ser: 1) igual o mayor a 75 % para concreto con $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$ y para pavimentos; y 2) igual o mayor a 65 % para otros concretos.

Estos agregados, ante estas dos últimas circunstancias, no fueron rechazadas para los fines de esta investigación porque han demostrado mediante ensayos y por experiencia de obras

ejecutadas en la zona del Alto Mayo (provincias de Moyobamba y Rioja) que estos producen concretos con exigencias demandadas (amparo legal: apartado 3.3.1 del Capítulo 3 de la Norma Técnica de Edificaciones E.060, actualizado con D. S. N° 010 – 2009 – Vivienda; que textualmente dice: "*3.3.1... Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en las NTP podrán ser utilizados siempre que el constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencia de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas*").

Otro sí, queda manifestar para los efectos de diseño de mezclas de concreto con las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], que la característica "A" del agregado grueso no cambia con la resistencia del cemento.

Determinado esta característica se podrá obtener diferentes resistencias del concreto con diferentes resistencias del cemento, pero la característica "A" del agregado grueso siempre será la misma una vez determinada inicialmente.

Si dicha característica aumenta, es señal de que las partículas de dicho agregado grueso tienden a ser un poliedro esférico. En cambio, si tiende a bajar es señal de que va hacia la forma larga y aplanada que es la peor de las formas de las partículas.

Sobre el muestreo de agregados en diferentes zonas de una misma cantera, es recomendable determinar la característica "A" de la zona en explotación sin dejar de hacer las combinaciones necesarias para obtener un mínimo de vacíos entre las partículas de los agregados grueso y fino. Si cambia el frente o zona de explotación de los agregados y se detecta significativos cambios en la característica "A", esto se pondrá de manifiesto en las resistencias del concreto que se obtienen con el nuevo agregado.

Es de resaltar el hecho de que, si el agregado grueso es de cerro o de río, resulta necesario hacer estudios de diferentes bancos y compararlos entre sí, pero si el agregado es obtenido a través de la trituración, entonces no se apreciará cambios importantes en la característica "A" del agregado, porque la característica la da el proceso de trituración y tamizado.

5.2.2 Mezcla de los agregados.

Tras la evaluación de la calidad de los agregados y basados en los principios expuestos en el párrafo 3.2.5.2 de este informe (véase pág. 172), se procedió a encontrar, conforme lo describen los autores de cada metodología aplicada en esta investigación, la combinación de los agregados para la producción de concreto.

De los resultados obtenidos, comparativamente se tiene que las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] poseen la forma más adecuada de combinar agregados. Experimentalmente se obtuvo con las metodologías del señalado profesor, una única combinación porcentual (combinación óptima) para cualquier diseño de mezcla de concreto, el cual es 40 % de agregado fino y 60 % de agregado grueso (véase Tabla 35 y Figura 25 de este informe).

Para la determinación de la combinación óptima de los agregados, se trabajó con agregados secos; haciendo lo contrario no se hubiera obtenido resultados correctos debido a que la humedad cambia demasiado el volumen.

Del mismo modo y observando las Tablas 33, 34 y 35 de este informe (véase págs. 203 y 204), se afirma que el agregado grueso con partículas de forma irregular (agregados obtenidos por trituración y tamizado de fragmentos de roca caliza), requiere con las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] de mayor cantidad de agregado fino, que los que se obtiene por el método del Comité 211.1 del ACI (de 31 % a 38 % de agregado fino).

Estas situaciones dejan manifestadas los siguientes hechos:

Con las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], sí resulta posible obtener mezclas con el menor porcentaje de vacíos en la estructura interna del concreto y consecuentemente añadir a ésta un mínimo contenido de pasta para una determinada resistencia con la garantía de ser durable en el tiempo (estructura más densa y menos permeable).

De igual modo quedan sentados los hechos, de que las mezclas de concreto son más cohesivas y trabajables con la cantidad de agua necesaria para el revenimiento solicitado, como también, son las más adecuadas para todas las condiciones de obra.

Con la metodología del ACI 211.1, se tiene en contraste mezclas con menos presencia de agregado fino (véase Tablas 33 y 34), situación que hace que las mezclas presenten un mayor y muy variable volumen de vacíos y un mayor consumo de pasta para llenar los vacíos que no son ocupados por los agregados.

Asimismo, y ante el mayor consumo de pasta, se tiene el hecho de emplear más agua, el mismo que es exigible no por el agregado fino sino por la mayor presencia del cemento para su hidratación. Del mismo modo, las mezclas de concreto tienden más a segregarse por la falta de cohesión causada por la poca presencia del agregado fino.

5.2.3 Revenimientos.

En el punto 3.2.5.3 de este informe (véase pág. 176), se manifestó que uno de los parámetros de entrada a ser evaluados, sería el revenimiento de las mezclas de concreto, el cual para su correcta valoración se trabajó bajo lineamientos normados (NTP 339.035, año 2009, págs. 1 al 6) y conforme a las directivas de los autores de cada metodología aplicada en esta investigación.

Con este parámetro y ante el manifiesto de las Tablas 36 y 37 de este informe (véase págs. 205 y 206), se discute lo siguiente:

De lo observado en el laboratorio de la empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba y en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, afirmamos que las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], comparativamente tienen la forma más conveniente de determinar la cantidad de agua necesaria para una consistencia requerida, ya que éstos miden y de forma directa la influencia de las condiciones locales bajo las cuales se desarrollan los trabajos de colocación del concreto, es decir, miden la influencia de la plasticidad (falta o el exceso de

trabajabilidad, la cohesividad y la segregación) del concreto en estado fresco en forma directa teniendo en cuenta la temperatura y la humedad del entorno.

Esta circunstancia unida a la influencia de la forma de los agregados ha hecho que el profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], pueda medir a través de sus ecuaciones la resistencia a la rotura por compresión del concreto a la edad de 28 días, siendo la ecuación original:

$$R_h = A \times R_c \times [(4,6259 - 0,0604 A_s) \log w^{-1} + e^{(-1,3125 + 0,283 A_s)}] \dots\dots\dots (54)$$

$$R_h = [((P + \phi) + 4) / 10] \times R_c \times (M_1 \times V + M_2) \dots\dots\dots (55)$$

Siendo:

- R_h = Resistencia del concreto a la rotura por compresión a los 28 días, en MPa.
- R_c = Resistencia del cemento a la rotura por compresión a los 28 días, en MPa.
- w = Relación agua – cemento en peso de la mezcla.
- A = Influencia de la forma del agregado = $((P + \phi) + 4) / 10$.
- A_s = Plasticidad del concreto medida por revenimiento en el cono de Abrams en centímetros.
- V = Valor que depende de la relación agua – cemento.
- M_1 y M_2 = Valores que se determinan en función del revenimiento A_s .

5.2.4 La característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu".

La determinación de la característica "A" del agregado grueso empleado en este trabajo de investigación se hizo no solo sobre partículas mayores a 6,3 mm (1/4 pulg), sino también, sobre partículas que derivaron de la trituración y el tamizado de la roca caliza.

De las Tablas 42 y 43 de este informe (véase pág. 217), se observa que el valor de "A" obtenido por el MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO es de 0,5161 en promedio. En cambio, el valor de "A" obtenido por el MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA resultó ser variable y superior a 0,6000. La

diferencia manifestada es significativa y debería ser despreciable entre ambos procedimientos.

Esta significativa diferencia, es consecuencia directa de la influencia del entorno sobre la plasticidad del concreto en estado fresco, es decir, la temperatura, el viento, la intensidad del sol y la humedad del medio ambiente influyeron tanto en el momento de calcular la cantidad de agua necesaria en las tantas de ensayo (cantidad calculada tras experimentaciones en las instalaciones del laboratorio de la empresa "Consultoría Selva" de la ciudad de Moyobamba, cuya altitud es de 860 msnm) como al añadir dicha agua calculada en la fabricación masiva de concreto para las probetas (laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín de la ciudad de Tarapoto, cuya altitud es de 250 msnm).

Para evitar diferencias, en el laboratorio no solo se debe simular las condiciones ambientales de la zona en donde se fabricará y se colocará concreto, sino también, observar en todo momento la regularidad de la característica "A" del agregado grueso, característica que en nuestro caso resultó uniforme dado a que el agregado grueso derivó del proceso de trituración y tamizado.

5.2.5 Resistencia a la rotura por compresión de probetas de concreto.

Conforme a los resultados expuestos en las Tablas 38, 39, 40 y 41 de este informe (véase págs. 215 y 216), se discute lo siguiente:

Los resultados de las resistencias a las roturas por compresión de las probetas de concretos fabricados bajo la técnica de diseño "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], se vieron afectados por la influencia del entorno, por lo que éstos no son representativos.

Con lo manifestado, se confirma que la temperatura y la humedad del ambiente intervienen significativamente, tanto que hasta el valor de la característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" se vio transgredido resultando muy variable (Tabla 42, pág. 217),

cuando éste debió ser uniforme y similar al obtenido por el MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO (0,5161).

Los valores de resistencia a la rotura por compresión que acertadamente se hubieran obtenido, se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 52

Valores de resistencia a la rotura por compresión que se hubieran obtenido acertadamente con el "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" sin cambio en la plasticidad del concreto en estado fresco por la influencia del entorno.

Valor solicitado		Valor registrado u obtenido		Valor que acertadamente se hubiera obtenido	
Resistencia solicitada	Revenimiento solicitado	Resistencia registrada	Valor "A" obtenido	Resistencia aproximada	Valor "A" aproximado
140 kg/cm ²	100 mm	183 kg/cm ²	0,6252	152 kg/cm ²	0,5154
175 kg/cm ²	100 mm	203 kg/cm ²	0,6088	173 kg/cm ²	0,5164
210 kg/cm ²	100 mm	274 kg/cm ²	0,6430	220 kg/cm ²	0,5167
245 kg/cm ²	100 mm	307 kg/cm ²	0,6573	241 kg/cm ²	0,5160
140 kg/cm ²	120 mm	177 kg/cm ²	0,6005	152 kg/cm ²	0,5159
175 kg/cm ²	120 mm	213 kg/cm ²	0,6363	173 kg/cm ²	0,5161
210 kg/cm ²	120 mm	270 kg/cm ²	0,6372	219 kg/cm ²	0,5166
245 kg/cm ²	120 mm	295 kg/cm ²	0,6367	239 kg/cm ²	0,5160

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de la técnica de diseño "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)", los resultados de las resistencias a las roturas por compresión se vieron también, pero en menor medida, afectados por la influencia del entorno, pero aun así son admitidos por el mismo procedimiento que tiene dicha metodología.

Esta última aseveración es innegable, pues toda mezcla forjada con esta técnica arroja siempre mezclas con consistencias secas y en obra siempre se demanda de mayor agua ante a lo determinado en tablas y frente a lo encaminado con las "reglas del pulgar" bajo cualquier simulación de condiciones ambientales en el laboratorio.

5.2.6 Consumo de cemento.

Conforme a los resultados obtenidos y mostrados en las figuras y tablas de los contenidos 4.7, 4.8, 4.12, 4.15 y 4.16 de este informe, comparativamente se tiene que las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] dictaminan mejores resultados sobre el consumo de cemento por metro cúbico de concreto preparado. Con estos resultados se confirma que las metodologías del citado profesor tienen un desenlace económico favorable dado al ahorro de este insumo manifestado en no menos del 10 % (véase Figuras 50 y 51, pág. 226 de este informe) para una determinada resistencia y revenimiento exigido según las condiciones de colocación en obra.

5.2.7 Porcentaje de poros capilares en el concreto resultante.

De lo observado y del análisis efectuado sobre los resultados de las Tablas 46 y 47 de este informe (véase págs. 223 y 224), se asevera que el mayor porcentaje de poros capilares resultante en la estructura interna de la masa del concreto está en aquellos fabricados bajo la metodología del Comité 211.1 del ACI.

Esta afirmación es concluyente, pues toda mezcla concebida bajo esta metodología (ACI 211.1) requiere siempre en obra de mayor cantidad de agua frente a lo establecido en tablas y frente a lo corregido con las "reglas del pulgar" bajo cualquier simulación de condiciones ambientales en el laboratorio. Esta mayor añadidura, resulta necesaria para apoderarse de una adecuada trabajabilidad en la mezcla debido a que éstos siempre presentan consistencias secas bajo cualquier circunstancia.

Esta necesidad de tener una adecuada trabajabilidad en obra hace además de que no solo se produzca una nueva relación agua – cemento en la mezcla, sino también, se genere mayores

vacíos (poros) en la estructura interna de la masa del concreto, lo que finalmente transgrede la densidad, la resistencia (con consumo excesivo de cemento) y la durabilidad.

5.2.8 Grado de densidad del concreto.

Acorde a los resultados de las Tablas 44 y 45 de este informe (véanse las págs. 222 y 223), se tiene, en contraste con la técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", que las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] muestran mejores resultados en cuanto a la densidad del concreto tanto en su estado fresco como en su estado endurecido (seco y aparente), debido a que las masas de concreto contienen conforme a la influencia de las condiciones locales, la cantidad de agua necesaria para una determinada trabajabilidad y consistencia según los contextos de colocación en obra. Esta circunstancia, a diferencia de la metodología del Comité 211.1 del ACI, no transgrede la densidad, la resistencia (con consumo óptimo de cemento) y la durabilidad.

5.2.9 Costos de producción de las masas de concreto.

Tras los resultados declarados en las Tablas 50 y 51 de este informe (véase pág. 227), se asevera que las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] confieren, desde el punto de vista técnico y económico, excelentes resultados respecto a la producción de concreto. Con éstas, no solo se ha hecho evidente el desarrollo de concretos con un imponderable consumo de cemento (nótese en los cuadros notificados a lo alto, la diferencia del costo unitario por solo materiales) sin sacrificar resistencia, consistencia y trabajabilidad, compacidad y durabilidad en función directa de las condiciones ambientales y de las características reales de los materiales directos, sino también, se ha hecho evidente las ventajas que se adquieren sobre las propiedades físico – mecánicas en el sentido de que se atenúa contracciones, deformaciones posteriores en las estructuras, porosidad y otras patologías.

Es igualmente de resaltar, que la diferencia del costo manifestado en las Tablas 50 y 51, se asemeja en promedio al ahorro monetario de una bolsa de cemento por metro cúbico de concreto preparado con materiales y con la tecnología que se posea.

5.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

El presente trabajo de investigación, nos ha permitido comprobar mediante resultados de laboratorio y frente a metodologías convencionales basados en el principio de la granulometría ideal, que si es posible obtener tras el uso de agregados con características y propiedades no reglamentadas (agregados que no gozan de granulometrías apropiadas o con agregados con contenidos considerables de partículas de forma inadecuada), concretos con un insuperable consumo de cemento optimizando propiedades de consistencia y trabajabilidad (acorde a las condiciones ambientales del lugar), resistencia y durabilidad.

Entonces se estableció:

Hipótesis nula $H_0: \mu_B = \mu_A$

H_0 = Con la aplicación del "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" y "Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos", no se conseguirá, en contraste con la aplicación del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", acertadas resistencias a la rotura por compresión con ahorros considerables de cemento (no menor al 10 %) en la producción de concretos con influencia directa de su plasticidad en estado fresco, así como concretos más compactos y menos porosos, empleando agregados de nuestra región u otra región del país con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales, más específicamente, agregados que no tienen granulometría adecuada o agregados con contenidos del 16 % al 31 % de partículas de forma inadecuada.

Hipótesis alternativa $H_1: \mu_B > \mu_A$

H_1 = Con la aplicación del "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" y "Método físico – matemático para determinar la característica "A" de los agregados gruesos para concretos", sí se conseguirá, en contraste con la aplicación del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", acertadas resistencias a la rotura por compresión con ahorros considerables de

cemento (no menor al 10 %) en la producción de concretos con influencia directa de su plasticidad en estado fresco, así como concretos más compactos y menos porosos, empleando agregados de nuestra región u otra región del país con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales, más específicamente, agregados que no tienen granulometría adecuada o agregados con contenidos del 16 % al 31 % de partículas de forma inadecuada.

Tabla 53

Resultados de la combinación de los agregados y valores del porcentaje de vacíos obtenidos según combinaciones tras la aplicación de las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz† y del método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Resistencia solicitada	Revenimiento solicitado	Metodologías de Vitervo A. O'Reilly Díaz		Método del ACI 211.1	
		Combinación agregados	Porcentaje de vacíos	Combinación agregados	Porcentaje de vacíos
140 kg/cm ²	100 mm	40 % - 60 %	26,14 %	38 % - 62 %	≈ 26,80 %
175 kg/cm ²	100 mm	40 % - 60 %	26,14 %	36 % - 64 %	≈ 28,00 %
210 kg/cm ²	100 mm	40 % - 60 %	26,14 %	34 % - 66 %	≈ 29,00 %
245 kg/cm ²	100 mm	40 % - 60 %	26,14 %	32 % - 68 %	>> 29,00 %
140 kg/cm ²	120 mm	40 % - 60 %	26,14 %	37 % - 63 %	≈ 27,38 %
175 kg/cm ²	120 mm	40 % - 60 %	26,14 %	35 % - 65 %	≈ 28,60 %
210 kg/cm ²	120 mm	40 % - 60 %	26,14 %	33 % - 67 %	>> 29,00 %
245 kg/cm ²	120 mm	40 % - 60 %	26,14 %	31 % - 69 %	>> 29,00 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54

Cantidad comparativa diferencial de ahorro en el consumo de cemento tras la aplicación de las metodologías de Vitervo A. O'Reilly Díaz† respecto al método "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Resistencia a la rotura por compresión solicitada	Revenimiento solicitado	Cantidad comparativa diferencial de ahorro en el consumo de cemento, expresado en porcentaje
140 kg/cm ²	100 mm	16,00 %
175 kg/cm ²	100 mm	13,00 %
210 kg/cm ²	100 mm	13,00 %
245 kg/cm ²	100 mm	11,00 %
140 kg/cm ²	120 mm	13,00 %
175 kg/cm ²	120 mm	11,00 %
210 kg/cm ²	120 mm	13,00 %
245 kg/cm ²	120 mm	8,00 %

Fuente: Elaboración propia.

Al contrastar estadísticamente, se concluye rechazando la hipótesis nula por lo que se acepta la hipótesis alternativa con nivel de significancia al 5 %.

De manera que **la hipótesis propuesta se está validando**, por cuanto si es posible obtener mezclas de concretos con un mínimo volumen de vacíos entre las partículas de los agregados y con un mínimo contenido de pasta de cemento sin dejar de obtener las propiedades deseadas en el concreto y sin la necesidad de tratar con procesos convencionales de práctica general basados en el principio de la granulometría ideal.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

Los agregados grueso y fino empleados en este trabajo de investigación, han mostrado buenas características físicas, mecánicas y químicas, los que a su vez han exteriorizado la excelente calidad intrínseca de la roca del cual derivaron, por lo que con éstos se pueden obtener en general concretos con características normales de deformabilidad.

Estos agregados cuya iniciación es marina y de naturaleza caliza, se delimita en la cantera de cerro "Tioyacu" del distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín. Su explotación y producción se suministra a través de la industria cementera "CEMENTOS SELVA" vía trituración y tamizado y bajo certificación ISO 9001. Su elección para los fines de esta investigación se basó en el deseo de no tener desventajas en los resultados de la metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" ante las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] por granulometrías inadecuadas o por presencia de altos contenidos de partículas de formas inadecuadas.

Se han expuesto las características físicas y químicas del cemento empleado en este trabajo de investigación. Para el proporcionamiento de las mezclas de concreto se ha utilizado cemento Portland adicionado (Cemento Extraforte ICo), el mismo que ha derivado de la pulverización conjunta del clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30 %.

Este tipo de cemento se caracteriza por valerse de cantidades menores de clinker en su fabricación, dando así una menor emisión de gases contaminantes (disminuye las emisiones de CO₂ y de calor a la atmósfera).

Para la selección de las partes de las mezclas de concreto, se utilizó como peso específico el valor de 3,02 y en la aplicación de las técnicas del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], se manejó además la resistencia mecánica del cemento determinada a los 28 días, el cual fue de 341 kg/cm².

Es de resaltar que este último valor nos lo venden al adquirir dicho insumo y que al mismo tiempo deslinda de responsabilidad al que diseña la mezcla de concreto, cuando la falla en ésta es atribuible ha dicho valor.

Asimismo, es de resaltar que en las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], resulta exigible este valor para determinar la característica "A" del agregado grueso. Además, el citado profesor manifestó lo siguiente: "UNO DE LOS GRAVES ERRORES DE MUCHAS METODOLOGÍAS DE DOSIFICAR CONCRETO, ES NO TENER EN CUENTA LA RESISTENCIA DEL CEMENTO. COMO ES DE CONOCIMIENTO, EL CONCRETO ES UNA PIEDRA ARTIFICIAL CONSTITUIDA POR DIFERENTES MATERIALES DE ORIGEN PÉTREO, ES LÓGICO QUE SU RESISTENCIA FINAL ESTÉ EN CORRESPONDENCIA CON LA RESISTENCIA DE SUS ELEMENTOS COMPONENTES".

Se ha mostrado, conforme lo describen sus autores, la secuencia de diseño de los métodos de dosificación aplicados en este trabajo de investigación para concretos con distintos revenimientos y resistencias a la rotura por compresión.

La secuencia de diseño del Comité 211.1 del ACI, sirve para elaborar concretos de peso normal, pesado y masivo. Esta metodología prefija condiciones a través de tablas y parte del criterio de que agregados gruesos de tamaño máximo nominal y curvas granulométricas esencialmente similares, deben de permitir obtener concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando un determinado volumen de agregado grueso en condiciones de seco y compactado es empleado por unidad de volumen del concreto. Aquí, la determinación de este volumen está en función directa del módulo de fineza del agregado fino y del tamaño máximo nominal del agregado grueso (ambos determinados por granulometría y requisitos técnicos) y son éstos que en conjunto nos permiten conquistar un número que, multiplicado por la densidad de masa seca compactada del agregado grueso, se consigue la cantidad de agregado grueso seco y compactado que deberá emplearse en la mezcla. Este valor sumado a los valores del cemento, agua y aire dan por diferencia ante la unidad, el contenido de agregado fino por unidad de volumen del concreto. De seguida, se ajusta la mezcla por humedad de los agregados para después ajustarse mediante las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la cohesividad, la

trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado, empleando para tal fin las REGLAS DEL PULGAR.

En cambio, las metodologías del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], sirven para manufacturar concretos de baja y alta consistencia y están basados en la determinación correcta de las características de los agregados. Éstas no prefijan condiciones, sino que para cada caso específico determina la característica de los agregados disponibles y de acuerdo con la tecnología de producción, calidad del cemento, transporte y colocación del concreto que se posea, se diseña la mezcla de concreto exigido. Para esto se parte del hecho de determinar experimentalmente aquella combinación de agregado fino y grueso que no solo nos facilite obtener mezclas con el menor porcentaje de vacíos en la estructura interna del concreto, sino también, viabilice optimizar propiedades de consistencia, trabajabilidad, resistencia y durabilidad tras el manejo de agregados con características y propiedades no reglamentadas, más concretamente, con agregados que no gozan de granulometrías apropiadas o con agregados con contenidos considerables de partículas de forma inadecuada.

Se manufacturó mezclas de concreto respetando las directivas de los autores de cada metodología empleada en este trabajo de investigación, habiendo valorado en los inicios de cada proceso dos parámetros de entrada, los cuales fueron: a) los revenimientos que más se tratan en las obras tanto públicas como privadas y b) las resistencias a la rotura por compresión (vinculando la durabilidad) de concretos que más se manipulan en la realización de construcciones en nuestro medio.

Tras la aplicación de cada metodología, se afirma que las técnicas del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] permitieron obtener después de cada proceso, resultados más satisfactorios en comparación con la metodología "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)", por las siguientes razones:

Se ajustan más a nuestra realidad en cuanto a la elaboración de mezclas de concreto de mediana y alta resistencia (esta última bajo la definición de concreto de alto desempeño) tras el empleo de agregados con características y propiedades reglamentadas y no reglamentadas.

Permiten obtener de manera experimental y directa la máxima compactación de la masa del concreto con un mínimo de vacíos en su estructura, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de las mezclas en el sitio.

Esta máxima aglutinación permite asimismo garantizar en la práctica mayor protección al acero de refuerzo ante la agresión de aerosoles marinos y la atmósfera agresiva circundante.

Conceden ahorros significativos en el consumo del cemento tras el uso (por escasez o carencia) de agregados con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales, más específicamente, agregados que no tienen granulometrías adecuadas o agregados con contenidos del 16 % al 31 % de partículas de forma inadecuada para fines de producción de concreto.

Del mismo modo, el otorgamiento del ahorro de cemento se hace posible con las condiciones tecnológicas que se posean sin requerir de nuevas inversiones en tecnologías.

Tiene en consideración la resistencia mecánica del cemento.

Garantizan en la práctica una mayor precisión en el cálculo de la dosis de cemento. Asimismo, en sus ecuaciones se contiene la influencia directa de la consistencia del concreto en estado fresco para la resistencia de este.

Determina de forma exacta la cantidad de agua, necesaria para una consistencia requerida.

Se comparó las resistencias a la rotura por compresión de los concretos confeccionados con las metodologías, calidades y revenimientos indicados en este trabajo de investigación, analizando sus resultados y poniendo en evidencia sus ventajas económicas y técnicas desde el punto de vista del consumo de cemento, densidad y permeabilidad.

Los resultados de las resistencias a las roturas por compresión de las probetas de concretos fabricados bajo la técnica de diseño "MÉTODO PARA DOSIFICAR MEZCLA DE CONCRETO CON BAJA CONSISTENCIA" de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†], se vieron afectados por la influencia del entorno, por lo que éstos no fueron representativos.

Con lo manifestado, se confirma que la temperatura y la humedad del ambiente intervinieron significativamente, tanto que hasta el valor de la característica "A" del agregado grueso de la cantera "Tioyacu" se vio transgredido resultando muy variable, cuando éste debió ser parejo y afín al obtenido por el MÉTODO FÍSICO – MATEMÁTICO (0,5161) de Vitervo A. O'Reilly Díaz[†].

A diferencia de la técnica de diseño "PRÁCTICA ESTÁNDAR DE SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y MASIVO (ACI 211.1)", los resultados de las resistencias a las roturas por compresión se vieron también afectados, pero en menor medida, por la influencia del entorno, pero aun así son admitidos por el mismo procedimiento que tiene dicha metodología.

Esta última aseveración es innegable, pues toda mezcla forjada con esta técnica siempre arroja mezclas con consistencias secas y en obra siempre se demanda de mayor agua ante lo determinado en tablas y frente a lo encaminado con las "reglas del pulgar" bajo cualquier simulación de condiciones ambientales en el laboratorio.

Se determinó la cantidad de materiales y el costo de producción para un metro cúbico (1 m³) de concreto. Tras esta determinación, se concluye que las técnicas del profesor Vitervo A. O'Reilly Díaz[†] otorgan desde el punto de vista técnico y económico, excelentes resultados respecto a la producción de concreto.

En éstas, se ha hecho evidente dos circunstancias:

a) el desarrollo de concretos con un imponderable consumo de cemento (la repercusión económica es muy favorable y se asemeja en promedio al ahorro monetario de una bolsa de cemento por metro cúbico de concreto preparado con materiales y con la tecnología que se posea) sin sacrificar resistencia, consistencia y trabajabilidad, compacidad y durabilidad (esta última, expresada en la reducción del porcentaje de poros capilares en el concreto resultante) en función directa de las condiciones ambientales y de las características reales de los materiales; y

b) se denota ventajas sobre las propiedades físico – mecánicas del concreto puesto en servicio en el sentido de que se atenúa contracciones, deformaciones posteriores en las estructuras, porosidad y otras patologías.

6.2 RECOMENDACIONES.

Introducir a nuestra sociedad, estas nuevas formas de seleccionar los componentes que totalizan la masa del concreto, los cuales no estriban del principio de la granulometría de los agregados y no restringen el uso de ellos por la presencia de partículas de formas inadecuadas, sino del rigor con que se realizan los ensayos para obtener la combinación óptima de los agregados, la cantidad de agua necesaria para la consistencia requerida y la característica de forma de los agregados que se usen en la mezcla de concreto.

Para esta introducción resulta necesario que la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto otorgue y desarrolle a través de su cuerpo de docentes, alumnos y egresados, trabajos de investigación con cuyos resultados se sustenten científica y técnicamente los beneficios obtenidos para una posterior normalización por la Oficina de Normalización del Servicio Nacional de Normalización y Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).

Estas sustentaciones, deberán conducir a revisar, mejorar o corregir especificaciones o directivas manifestadas en nuestras actuales Normas Técnicas Peruanas (suelos, agregados y concreto) y en nuestra actual Norma Técnica de Edificaciones E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (actualizado con D. S. N° 010 – 2009 – Vivienda), poniendo especial atención en los apartados 3.3.1 y 3.3.8 del Capítulo 3, los que textualmente dicen:

"3.3.1... LOS AGREGADOS QUE NO CUMPLAN CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS NTP, PODRÁN SER UTILIZADOS SIEMPRE QUE EL CONSTRUCTOR DEMUESTRE, A TRAVÉS DE ENSAYOS Y POR EXPERIENCIA DE OBRA, QUE PRODUCEN CONCRETOS CON LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD REQUERIDAS"; y

"3.3.8 LA GRANULOMETRÍA SELECCIONADA PARA EL AGREGADO DEBERÁ PERMITIR OBTENER LA MÁXIMA DENSIDAD DEL CONCRETO CON UNA ADECUADA TRABAJABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE LA MEZCLA".

Direccionar con estos nuevos conocimientos, nuevas investigaciones científicas relacionadas a las ciencias de la TECNOLOGÍA DEL ASFALTO y a la MECÁNICA DEL SUELO para fines de estabilización de suelos y concepción de estructuras terrestres, partiendo del hecho de conseguir mayores resistencias al esfuerzo cortante en función directa de no solo la forma, la resistencia individual de las partículas y del tamaño máximo de ellas, sino también, de la compacidad y el mínimo de poros no basada en el factor de la BUENA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA, sino de la combinación experimental de sus componentes.

Si los resultados son óptimos, se deberá conducir como UNIVERSIDAD NACIONAL a la revisión, mejora o corrección de especificaciones o directivas manifestadas en los manuales de diseño de estructuras terrestres para carreteras y afines emitidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Implementar el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con equipos e instrumentos que permitan concluir en concretos de alta resistencia y concretos de alto desempeño empleando agregados de nuestra región u otra región del país con requisitos tecnológicos que no cumplen especificaciones técnicas convencionales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

ACI Committee 201 (2008); "Guide to durable concrete (ACI 201.2R – 08)".

ACI Committee 211 (Reapproved 1997); "Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1 – 91)".

ACI Committee 211 (1998); "Standard practice for selecting proportions for structural lightweight concrete (ACI 211.2 – 98)".

ACI Committee 211 (2002); "Guide for selecting proportions for no – slump concrete (ACI 211.3R – 02)".

ACI Committee 211 (2008); "Guide for selecting proportions for high – strength concrete using Portland cement and other cementitious materials (ACI 211.4R – 08)".

ACI Committee 211 (2001); "Guide for submittal of concrete proportions (ACI 211.5R – 01)".

ACI Committee 309 (1996); "Guide for consolidation of concrete (ACI 309R – 96)".

Comité ACI 116; "Terminología del cemento y el hormigón".

Comité ACI 318 (2005); "Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S – 05) y comentario (ACI 318SR – 05)". Versión en español y en sistema métrico. Primera impresión.

García Torres, Mario (2013); "Diseño de concreto de alta resistencia $f'_c = 480 \text{ kg/cm}^2$ usando agregados del río Huallaga para la ciudad de Tarapoto". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Gonzales García, José Luis (2003); "Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método del Agregado Global y Módulo de Finura". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (1995). Boletín N° 56. Serie A: Carta Geológica Nacional; "Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar". Perú.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (1998). Boletín N° 115. Serie A: Carta Geológica Nacional; "Geología de los Cuadrángulos de Cahuapanas y Nueva Cajamarca". Perú.

Instituto de Ingeniería UNAM (1994); "Manual de Tecnología del Concreto". Sección 1. Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. Pre – edición.

Instituto de Ingeniería UNAM (1994); "Manual de Tecnología del Concreto". Sección 2. Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. Pre – edición.

Instituto de Ingeniería UNAM (1994); "Manual de Tecnología del Concreto". Sección 3. Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. Pre – edición.

Meléndez Ganoza, Roger (1996); "Resultados comparativos de diseño de mezclas de concreto con agregados de los ríos Cumbaza y Huallaga". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Ministerio de Vivienda (2009); "Norma Técnica de Edificación E.060 – Concreto Armado". Diario "El Peruano". Perú.

Neville, A. M. y Brooks J. J. (1998); "Tecnología del concreto". Primera Edición. Editorial Trillas. México.

NTP 334.001 (2001). Cementos. Definiciones y nomenclatura. 2a ed.

NTP 334.005 (2001). Cementos. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento portland. 2a ed.

NTP 334.090 (2001). Cementos. Cementos Portland adicionados. 1a. ed.

NTP 339.033 (2009). Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

NTP 339.034 (2008). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

NTP 339.035 (2009). Hormigón (Concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

NTP 339.036 (1999). Hormigón. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco. 2a. ed.

NTP 339.037 (2008). Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para el refrendado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto). 2a. ed. (revisada el 2013).

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 339.047 (2006). Hormigón (Concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2a. ed. (2006)

NTP 339.076 (2009). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboración de hormigones y morteros de cemento Portland.

- NTP 339.077 (2003). Hormigón (Concreto). Métodos de ensayo normalizado para la exudación del hormigón (concreto). 2a. ed.
- NTP 339.081 (1981). Hormigón (Concreto). Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire en las mezclas frescas.
- NTP 339.083 (2003). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por el método de presión.
- NTP 339.088 (2006). Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.146 (2000). Suelos. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino. 1a. ed.
- NTP 339.183 (2013). Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2a. ed.
- NTP 339.184 (2002). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).
- NTP 339.185 (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado. 2a. ed.
- NTP 339.187 (2003). Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido.
- NTP 400.010 (2001). Agregados. Extracción y preparación de las muestras. 2a. ed.
- NTP 400.011 (2008). Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2a. ed.

- NTP 400.012 (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed.
- NTP 400.013 (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones. 2a. ed.
- NTP 400.014 (1997). Agregados. Método de ensayo para la determinación cualitativa de cloruros y sulfatos.
- NTP 400.015 (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados. 2a. ed.
- NTP 400.016 (2011). Agregados. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
- 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 los agregados. 3a. ed.
- NTP 400.018 (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (200) por lavado en agregados. 2a. ed.
- NTP 400.019 (2002). 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. 2a. ed.
- NTP 400.020 (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles. 2a. ed.

NTP 400.021 (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3a. ed.

NTP 400.022 (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3a. ed.

NTP 400.023 (2008). Agregados. Método de ensayo para determinar las partículas livianas en los agregados.

NTP 400.024 (1999). Agregados. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto. 2a. ed.

NTP 400.036 (1986). Agregados. Método de ensayo para determinar el porcentaje de poros en el agregado. (1a. ed. revisada el 2011).

NTP 400.037 (2002). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

NTP 400.040 (1999). Agregados. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso. 1a. ed.

NTP 400.042 (2001). Agregados. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en hormigón (concreto).

NTP 400.043 (2006). Agregados. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. 1a. ed.

O'Reilly Díaz, Vitervo Asdrúbal (1985), (N° de publicación: CU 21272 A1. Fecha de presentación: diciembre, 03 de 1981. Fecha de publicación: diciembre, 16 de 1985); "Método para dosificar mezclas de hormigón". Certificado de autor de invención expedido por la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial de la República de Cuba.

O'Reilly Díaz, Vitervo Asdrúbal (1997); "Método para el diseño de hormigón de alto comportamiento". Primera edición. Universidad del Valle – Programa editorial. Santiago de Cali. Colombia.

O'Reilly Díaz, Vitervo Asdrúbal (2007); "Métodos para dosificar concretos de elevado desempeño". Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. (IMCYC). México.

Panduro Torres, Keler Humberto (1995); "Estudio de canteras y su uso en la construcción civil en la Región San Martín". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Pasquel Carbajal, Enrique (1998); "Tópicos de tecnología del concreto". Segunda edición. Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional. Perú.

Pinchi Vásquez, Eduardo (1995); "Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil. Perú.

Rivva López, Enrique (1988); "Recomendaciones para el proceso de puesta en obras de estructuras de concreto". Obra auspiciada por el CONCYTEC. SISFISA Editores. Perú.

Rivva López, Enrique (2008); "Materiales para el concreto". Instituto de la Construcción y Gerencia. Fondo Editorial ICG. 1a. ed. Perú.

Rivva López, Enrique (1992); "Tecnología del concreto. Diseño de mezclas". Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Rivva López, Enrique (2006); "Durabilidad y patología del concreto". Perú.

Rivva López – Harman Infantes – Pasquel Carbajal – Badoino Mory – Romero Umlauff (1998); "Tecnología del concreto". Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto – ACI Perú. Perú.

LINOGRAFÍA

ARGOS. Producción de cemento. <http://www.youtube.com/watch?v=lu14vcp27kc>

DISCOVERY CHANNEL. <http://www.youtube.com/watch?v=TD3LFO-KEUC>

Portugal Barriga, Pablo. (2007); "Tecnología del concreto de alto desempeño". <http://es.slideshare.net/tanialuisharnandez/42540958-tecnologiadelconcretodealto-desempeno>.

VIII. ANEXOS

Anexo1

Equivalente de arena del agregado fino
(NTP 339.146)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO (NTP 339.146)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : EA – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Tamaño máximo (material que pasa el tamiz N° 4)	4,75	4,75	4,75	
Hora de entrada a saturación	10 : 09	10 : 10	10 : 11	
Hora de entrada a saturación, más 10 minutos	10 : 19	10 : 20	10 : 21	
Hora de entrada a decantación	10 : 21	10 : 22	10 : 25	
Hora de entrada a decantación, más 20 minutos	10 : 41	10 : 42	10 : 45	
Altura máxima del material fino, en milímetros	5,2	4,8	5,2	
Altura máxima de la arena, en milímetros	3,2	3,0	3,3	
Equivalente de arena en porcentaje	61,5	62,5	63,5	63,0

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO (NTP 339.146)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : EA – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Tamaño máximo (material que pasa el tamiz N° 4)	4,75	4,75	4,75	
Hora de entrada a saturación	09 : 02	09 : 04	09 : 06	
Hora de entrada a saturación, más 10 minutos	09 : 12	09 : 14	09 : 16	
Hora de entrada a decantación	09 : 14	09 : 16	09 : 18	
Hora de entrada a decantación, más 20 minutos	09 : 34	09 : 36	09 : 38	
Altura máxima del material fino, en milímetros	7,7	7,6	7,9	
Altura máxima de la arena, en milímetros	5,2	5,0	5,0	
Equivalente de arena en porcentaje	67,5	65,8	63,3	65,5

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO (NTP 339.146)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : EA – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Tamaño máximo (material que pasa el tamiz N° 4)	4,75	4,75	4,75	
Hora de entrada a saturación	09 : 02	09 : 04	09 : 06	
Hora de entrada a saturación, más 10 minutos	09 : 12	09 : 14	09 : 16	
Hora de entrada a decantación	09 : 14	09 : 16	09 : 18	
Hora de entrada a decantación, más 20 minutos	09 : 34	09 : 36	09 : 38	
Altura máxima del material fino, en milímetros	7,7	7,6	7,9	
Altura máxima de la arena, en milímetros	5,2	5,0	5,0	
Equivalente de arena en porcentaje	67,5	65,8	63,3	65,5

Anexo 2

Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
(NTP 400.012)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AF001.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 736,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 623,10

Pérdida por lavado, en gramos = 112,90

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,01

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	4,7	0,6	0,6	99,4	95 – 100
N° 8	2,36 mm	211,2	28,7	29,3	70,7	80 – 100
N° 16	1,18 mm	179,2	24,3	53,7	46,3	50 – 85
N° 30	600 µm	111,4	15,1	68,8	31,2	25 – 60
N° 50	300 µm	61,4	8,3	77,2	22,8	5 – 30
N° 100	150 µm	34,9	4,7	81,9	18,1	0 – 10
Cazoleta		20,4	18,1	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AF002.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 712,90

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 601,90

Pérdida por lavado, en gramos = 111,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,01

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	2,5	0,4	0,4	99,6	95 – 100
N° 8	2,36 mm	182,3	25,6	25,9	74,1	80 – 100
N° 16	1,18 mm	178,0	25,0	50,9	49,1	50 – 85
N° 30	600 µm	120,9	17,0	67,8	32,2	25 – 60
N° 50	300 µm	63,5	8,9	76,8	23,2	5 – 30
N° 100	150 µm	34,4	4,8	81,6	18,4	0 – 10
Cazoleta		20,4	18,4	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF003.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 654,60
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 554,20
 Pérdida por lavado, en gramos = 100,40
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,05

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	6,5	1,0	1,0	99,0	95 – 100
N° 8	2,36 mm	175,9	26,9	27,9	72,1	80 – 100
N° 16	1,18 mm	163,1	24,9	52,8	47,2	50 – 85
N° 30	600 µm	104,3	15,9	68,7	31,3	25 – 60
N° 50	300 µm	55,0	8,4	77,1	22,9	5 – 30
N° 100	150 µm	31,3	4,8	1,9	18,1	0 – 10
Cazoleta		17,8	18,1	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF004.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 684,60
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 580,70
 Pérdida por lavado, en gramos = 103,90
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	2,7	0,4	0,4	99,6	95 – 100
N° 8	2,36 mm	189,7	27,7	28,1	71,9	80 – 100
N° 16	1,18 mm	170,0	24,8	52,9	47,1	50 – 85
N° 30	600 µm	107,8	15,7	68,7	31,3	25 – 60
N° 50	300 µm	57,6	8,4	77,1	22,9	5 – 30
N° 100	150 µm	33,0	4,8	81,9	18,1	0 – 10
Cazoleta		19,2	18,1	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF005.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 619,20
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 527,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 92,20
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,06

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	2,7	0,4	0,4	99,6	95 – 100
N° 8	2,36 mm	168,1	27,1	27,6	72,4	80 – 100
N° 16	1,18 mm	156,8	25,3	52,9	47,1	50 – 85
N° 30	600 µm	98,8	16,0	68,9	31,1	25 – 60
N° 50	300 µm	52,3	8,4	77,3	27,7	5 – 30
N° 100	150 µm	29,7	4,8	82,1	17,9	0 – 10
Cazoleta		18,2	17,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF006.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 866,00
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 733,40
 Pérdida por lavado, en gramos = 132,60
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	9,0	1,0	1,0	99,0	95 – 100
N° 8	2,36 mm	258,4	29,8	30,9	69,1	80 – 100
N° 16	1,18 mm	206,9	23,9	54,8	45,2	50 – 85
N° 30	600 µm	123,8	14,3	69,1	30,9	25 – 60
N° 50	300 µm	83,3	9,6	78,7	21,3	5 – 30
N° 100	150 µm	28,4	3,3	82,0	18,0	0 – 10
Cazoleta		22,6	18,0	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AF007.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 675,40

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 575,30

Pérdida por lavado, en gramos = 100,10

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	4,3	0,6	0,6	99,4	95 – 100
N° 8	2,36 mm	193,3	28,6	29,3	70,7	80 – 100
N° 16	1,18 mm	165,2	24,5	53,7	46,3	50 – 85
N° 30	600 µm	103,0	15,3	69,0	31,0	25 – 60
N° 50	300 µm	56,9	8,4	77,4	22,6	5 – 30
N° 100	150 µm	31,9	4,7	82,1	17,9	0 – 10
Cazoleta		20,2	17,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AF008.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 647,40

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 546,10

Pérdida por lavado, en gramos = 101,30

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	1,9	0,3	0,3	99,7	95 – 100
N° 8	2,36 mm	175,4	27,1	27,4	72,6	80 – 100
N° 16	1,18 mm	162,8	25,1	52,5	47,5	50 – 85
N° 30	600 µm	103,5	16,0	68,5	31,5	25 – 60
N° 50	300 µm	54,8	8,5	77,0	23,0	5 – 30
N° 100	150 µm	30,5	4,7	81,7	18,3	0 – 10
Cazoleta		16,7	18,3	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF009.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 559,70
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 475,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 84,70
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	5,2	0,9	0,9	99,1	95 – 100
N° 8	2,36 mm	175,8	31,4	32,3	67,7	80 – 100
N° 16	1,18 mm	128,5	23,0	55,3	44,7	50 – 85
N° 30	600 µm	78,1	14,0	69,3	30,7	25 – 60
N° 50	300 µm	45,2	8,1	77,3	22,7	5 – 30
N° 100	150 µm	26,3	4,7	82,0	18,0	0 – 10
Cazoleta		15,3	18,0	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AF010.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 564,20

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 464,90

Pérdida por lavado, en gramos = 99,30

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	4,2	0,7	0,7	99,3	95 – 100
N° 8	2,36 mm	150,9	26,7	27,5	72,5	80 – 100
N° 16	1,18 mm	145,3	25,8	53,2	46,8	50 – 85
N° 30	600 µm	90,0	16,0	69,2	30,8	25 – 60
N° 50	300 µm	46,6	8,3	77,5	22,5	5 – 30
N° 100	150 µm	25,4	4,5	82,0	18,0	0 – 10
Cazoleta		2,1	18,0	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF011.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 474,40
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 397,60
 Pérdida por lavado, en gramos = 76,80
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	2,0	0,4	0,4	99,6	95 – 100
N° 8	2,36 mm	104,3	22,0	22,4	77,6	80 – 100
N° 16	1,18 mm	119,0	25,1	47,5	52,5	50 – 85
N° 30	600 µm	89,2	18,8	66,3	33,7	25 – 60
N° 50	300 µm	48,2	10,2	76,5	23,5	5 – 30
N° 100	150 µm	23,9	5,0	81,5	18,5	0 – 10
Cazoleta		10,9	18,5	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AF012.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 445,80
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 372,90
 Pérdida por lavado, en gramos = 72,90
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,10

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm					
1 pulg	25 mm					
¾ pulg	19 mm					
½ pulg	12,5 mm					
3/8 pulg	9,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
¼ pulg	6,3 mm					
N° 4	4,75 mm	2,3	0,5	0,5	99,5	95 – 100
N° 8	2,36 mm	116,6	26,2	26,7	73,3	80 – 100
N° 16	1,18 mm	109,1	24,5	51,1	48,9	50 – 85
N° 30	600 µm	73,3	16,4	67,6	32,4	25 – 60
N° 50	300 µm	40,8	9,2	76,7	23,3	5 – 30
N° 100	150 µm	21,9	4,9	81,7	18,3	0 – 10
Cazoleta		8,6	18,3	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : 3,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG001.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 10588,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 10364,50

Pérdida por lavado, en gramos = 223,50

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,01

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	149,5	1,4	1,4	98,6	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1247,0	11,8	13,2	86,8	
½ pulg	12,5 mm	2739,5	25,9	39,1	60,9	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	1888,0	17,8	56,9	43,1	
¼ pulg	6,3 mm	2542,0	24,0	80,9	19,1	
N° 4	4,75 mm	1188,0	11,2	92,1	7,9	0 – 10
N° 8	2,36 mm	594,0	5,6	97,7	2,3	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		16,0	2,3	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AG002.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 13198,50
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 12887,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 311,50
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,05

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	276,0	2,1	2,1	97,9	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1704,5	12,9	15,0	85,0	
½ pulg	12,5 mm	3532,5	26,8	41,8	58,2	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2229,0	16,9	58,7	41,3	
¼ pulg	6,3 mm	2870,5	21,7	80,4	19,6	
N° 4	4,75 mm	1464,0	11,1	91,5	8,5	0 – 10
N° 8	2,36 mm	754,0	5,7	97,2	2,8	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		50,0	2,8	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.
 Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AG003.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 14930,00
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 14534,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 396,00
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,03

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	326,0	2,2	2,2	97,8	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1892,0	12,7	14,9	85,1	
½ pulg	12,5 mm	3966,0	26,6	41,4	58,6	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2646,0	17,7	59,1	40,9	
¼ pulg	6,3 mm	3168,0	21,2	80,4	19,6	
N° 4	4,75 mm	1534,0	10,3	90,6	9,4	0 – 10
N° 8	2,36 mm	897,0	6,0	96,6	3,4	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		100,0	3,4	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.
 Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG004.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 15011,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 14684,00

Pérdida por lavado, en gramos = 327,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	357,0	2,4	2,4	97,6	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1666,0	11,1	13,5	86,5	
½ pulg	12,5 mm	4141,0	27,6	41,1	58,9	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2647,0	17,6	58,7	41,3	
¼ pulg	6,3 mm	3396,0	22,6	81,3	18,7	
N° 4	4,75 mm	1605,0	10,7	92,0	8,0	0 – 10
N° 8	2,36 mm	820,0	5,5	97,5	2,5	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		49,0	2,5	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AG005.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 14516,00
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 14082,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 434,00
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,01

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	305,0	2,1	2,1	97,9	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1427,0	9,8	11,9	88,1	
½ pulg	12,5 mm	3438,0	23,7	35,6	64,4	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2586,0	17,8	53,4	46,6	
¼ pulg	6,3 mm	3473,0	23,9	77,4	22,6	
N° 4	4,75 mm	1777,0	12,2	89,6	10,4	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1047,0	7,2	96,8	3,2	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		30,0	3,2	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.
 Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG006.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 18730,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 18232,00

Pérdida por lavado, en gramos = 498,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	262,0	1,4	1,4	98,6	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1563,0	8,3	9,7	90,3	
½ pulg	12,5 mm	4452,0	23,8	33,5	66,5	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	3461,0	18,5	52,0	48,0	
¼ pulg	6,3 mm	4631,0	24,7	76,7	23,3	
N° 4	4,75 mm	2504,0	13,4	90,1	9,9	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1321,0	7,1	97,1	2,9	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		34,0	2,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG007.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 17694,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 17264,00

Pérdida por lavado, en gramos = 430,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,03

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	322,0	1,8	1,8	98,2	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1658,0	9,4	11,2	88,8	
½ pulg	12,5 mm	4520,0	25,5	36,7	63,3	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	3287,0	18,6	55,3	44,7	
¼ pulg	6,3 mm	4170,0	23,6	78,9	21,1	
N° 4	4,75 mm	1981,0	11,2	90,1	9,9	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1237,0	7,0	97,1	2,9	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		83,0	2,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG008.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 15504,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 14943,00

Pérdida por lavado, en gramos = 561,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	187,0	1,2	1,2	98,8	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1179,0	7,6	8,8	91,2	
½ pulg	12,5 mm	3217,0	20,7	29,6	70,4	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2406,0	15,5	45,1	54,9	
¼ pulg	6,3 mm	3713,0	23,9	69,0	31,0	
N° 4	4,75 mm	2391,0	15,4	84,4	15,6	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1650,0	10,6	95,1	4,9	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		197,0	4,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG009.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 19041,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 18427,00

Pérdida por lavado, en gramos = 614,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	126,0	0,7	0,7	99,3	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1797,0	9,4	10,1	89,9	
½ pulg	12,5 mm	3842,0	20,2	30,3	69,7	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	3337,0	17,5	47,8	52,2	
¼ pulg	6,3 mm	4649,0	24,4	72,2	27,8	
N° 4	4,75 mm	2959,0	15,5	87,8	12,2	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1669,0	8,8	96,5	3,5	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		44,0	3,5	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AG010.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 17665,00
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 17050,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 615,00
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,01

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	241,0	1,4	1,4	98,6	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1550,0	8,8	10,1	89,9	
½ pulg	12,5 mm	4141,0	23,4	33,6	66,4	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	3051,0	17,3	50,9	49,1	
¼ pulg	6,3 mm	4147,0	23,5	74,3	25,7	
N° 4	4,75 mm	2538,0	14,4	88,7	11,3	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1283,0	7,3	96,0	4,0	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		97,0	4,0	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.
 Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Sopln Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : AG – AG011.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 18077,00
 Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 17620,00
 Pérdida por lavado, en gramos = 457,00
 Pérdida registrada, en porcentaje = 0,03

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	145,0	0,8	0,8	99,2	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1566,0	8,7	9,5	90,5	
½ pulg	12,5 mm	4362,0	24,1	33,6	66,4	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	3334,0	18,4	52,0	48,0	
¼ pulg	6,3 mm	4427,0	24,5	76,5	23,5	
N° 4	4,75 mm	2379,0	13,2	89,7	10,3	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1334,0	7,4	97,1	2,9	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		68,0	2,9	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.
 Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : AG – AG012.

Masa de la muestra seca antes del lavado, en gramos = 16006,00

Masa de la muestra seca después del lavado, en gramos = 15659,00

Pérdida por lavado, en gramos = 347,00

Pérdida registrada, en porcentaje = 0,02

Abertura de la malla		Masa de la muestra retenida	Porcentaje retenido simple	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante acumulado	Límites del huso 57
Pulgadas	Milímetros					
3 pulg	75 mm					
2 ½ pulg	63 mm					
2 pulg	50 mm					
1 ½ pulg	37,5 mm	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1 pulg	25 mm	257,0	1,6	1,6	98,4	95 – 100
¾ pulg	19 mm	1297,0	8,1	9,7	90,3	
½ pulg	12,5 mm	3893,0	24,3	34,0	66,0	25 – 60
⅜ pulg	9,5 mm	2733,0	17,1	51,1	48,9	
¼ pulg	6,3 mm	3972,0	24,8	75,9	24,1	
N° 4	4,75 mm	2131,0	13,3	89,2	10,8	0 – 10
N° 8	2,36 mm	1329,0	8,3	97,5	2,5	0 – 5
N° 16	1,18 mm					
N° 30	600 µm					
N° 50	300 µm					
N° 100	150 µm					
Cazoleta		44,0	2,5	100,0		

Análisis granulométrico determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.
 En agregado global.

Módulo de finura del agregado : No cuantificado.

Anexo 3

Determinación cualitativa de cloruros y sulfatos
(NTP 400.014)

Anexo 4

Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los
agregados
(NTP 400.015)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AF001.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)		3000	4,75 mm (N° 4)	
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)		2000	4,75 mm (N° 4)	
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)		1000	2,36 mm (N° 8)	
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)	33,59	25	850 µm (N° 20)	33,56

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,09 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AF002.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)		3000	4,75 mm (N° 4)	
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)		2000	4,75 mm (N° 4)	
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)		1000	2,36 mm (N° 8)	
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)	34,83	25	850 µm (N° 20)	34,79

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,11 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AF003.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)		3000	4,75 mm (N° 4)	
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)		2000	4,75 mm (N° 4)	
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)		1000	2,36 mm (N° 8)	
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)	38,22	25	850 µm (N° 20)	38,18

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,10 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AG001.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)	3005	3000	4,75 mm (N° 4)	3003
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)	2005	2000	4,75 mm (N° 4)	2004
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)	1025	1000	2,36 mm (N° 8)	1024
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)		25	850 µm (N° 20)	

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,07 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AG002.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)	3005	3000	4,75 mm (N° 4)	3003
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)	2005	2000	4,75 mm (N° 4)	2003
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)	1025	1000	2,36 mm (N° 8)	1025
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)		25	850 µm (N° 20)	

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,06 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS
 DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.015)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : TAYPD – AG003.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		Masa de la muestra ensayada, en gramos	Masa de la muestra, en gramos	Tamiz utilizado para la separación de las partículas	Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
>37,5 mm (>1 ½)	37,5 mm (1 ½)		5000	4,75 mm (N° 4)	
37,5 mm (1 ½)	19,0 mm (3/4)	3005	3000	4,75 mm (N° 4)	3003
19,0 mm (3/4)	9,5 mm (3/8)	2005	2000	4,75 mm (N° 4)	2004
9,5 mm (3/8)	4,75 mm (N° 4)	1025	1000	2,36 mm (N° 8)	1024
9,5 mm (3/8)	1,18 mm (N° 16)		25	850 µm (N° 20)	

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables = 0,07 %

Análisis determinado : En agregado fino.
 En agregado grueso.

Anexo 5

Desgaste a 5 ciclos con sulfato de magnesio
(NTP 400.016)

Anexo 6

Masa por unidad de volumen (peso unitario) compacto o
suelto y los vacíos en los agregados
(NTP 400.017)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUC – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino compactado, en kg	6,680	6,671	6,673	6,675
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa compactada del agregado fino, en kg/m ³	1780	1777	1778	1779
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Densidad de masa compactada del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1789	1785	1786	1787
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino compactado, en porcentaje	33	34	34	34

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUC – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino compactado, en kg	6,704	6,711	6,722	6,712
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa compactada del agregado fino, en kg/m ³	1789	1791	1795	1792
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Densidad de masa compactada del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1797	1800	1804	1800
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino compactado, en porcentaje	33	33	33	33

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUC – AF003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino compactado, en kg	6,703	6,707	6,724	6,711
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa compactada del agregado fino, en kg/m ³	1789	1790	1796	1791
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Densidad de masa compactada del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1797	1798	1804	1800
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino compactado, en porcentaje	33	33	33	33

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUC – AF004.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino compactado, en kg	6,775	6,760		6,768
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619		1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425		0,0028425
Densidad de masa compactada del agregado fino, en kg/m ³	1814	1809		1811
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46		0,46
Densidad de masa compactada del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1822	1817		1820
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68		2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998		998
Contenido de vacíos en el agregado fino compactado, en porcentaje	32	32		32

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUC – AG001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso compactado, en kg	20,203	20,278	20,318	20,266
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en kg/m ³	1584	1592	1596	1591
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1593	1601	1605	1600
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso compactado, en porcentaje	36	36	35	36

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUC – AG002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso compactado, en kg	20,245	20,310	20,298	20,284
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en kg/m ³	1589	1596	1594	1593
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1598	1604	1603	1602
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso compactado, en porcentaje	36	35	35	36

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 COMPACTADO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUC – AG003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso compactado, en kg	20,272	20,235	20,230	20,246
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en kg/m ³	1592	1588	1587	1589
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa compactada del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1600	1596	1596	1598
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso compactado, en porcentaje	36	36	36	36

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUS – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino suelto, en kg	5,980	5,984	5,959	5,974
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa suelta del agregado fino, en kg/m ³	1534	1535	1527	1532
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Peso unitario suelto del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1541	1544	1534	1540
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino suelto, en porcentaje	43	39	43	41

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUS – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino suelto, en kg	5,976	5,935	5,950	5,954
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa suelta del agregado fino, en kg/m ³	1533	1518	1523	1525
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Peso unitario suelto del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1540	1525	1530	1532
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino suelto, en porcentaje	43	43	43	43

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUS – AF003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado fino suelto, en kg	5,946	5,948	5,954	5,949
Peso del recipiente de medida, en kg	1,619	1,619	1,619	1,619
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0028425	0,0028425	0,0028425	0,0028425
Densidad de masa suelta del agregado fino, en kg/m ³	1522	1523	1525	1523
Porcentaje de absorción del agregado fino, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	0,46	0,46	0,46	0,46
Peso unitario suelto del agregado fino, en la condición SSS, en kg/m ³	1529	1530	1532	1530
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado fino suelto, en porcentaje	43	43	43	43

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUS – AG001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso suelto, en kg	19,429	19,321	19,438	19,396
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en kg/m ³	1503	1492	1504	1499
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1511	1500	1512	1508
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso suelto, en porcentaje	39	40	39	39

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : PUS – AG002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso suelto, en kg	19,395	19,421	19,383	19,400
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en kg/m ³	1499	1502	1498	1500
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1508	1510	1506	1508
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso suelto, en porcentaje	39	39	39	39

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN (PESO UNITARIO)
 SUELTO Y LOS VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.017)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PUS – AG003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Peso del recipiente de medida más el agregado grueso suelto, en kg	19,340	19,336	19,325	19,334
Peso del recipiente de medida, en kg	5,150	5,150	5,150	5,150
Volumen del recipiente de medida, en m ³	0,0095011	0,0095011	0,0095011	0,0095011
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en kg/m ³	1494	1493	1492	1493
Porcentaje de absorción del agregado grueso, determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	0,55	0,55	0,55	0,55
Densidad de masa suelta del agregado grueso, en la condición SSS, en kg/m ³	1502	1501	1500	1501
Gravedad específica de masa (base seca), determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	998	998	998	998
Contenido de vacíos en el agregado grueso suelto, en porcentaje	40	40	40	40

Procedimiento empleado en la determinación : Procedimiento de apisonado.
 Procedimiento de percusión.

Anexo 7

Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75
 μm (N° 200) por lavado en agregados
 (NTP 400.018)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : MMF200 – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	320,9	313,8	314,0	15,2
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	271,4	267,5	265,2	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	15,4	14,8	15,5	

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : MMF200 – AG001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	4213,0	4157,0	4125,0	2,3
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	4126,0	4065,0	4017,0	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	2,1	2,2	2,6	

Procedimiento empleado en las determinaciones : Lavado con agua.
 Lavado utilizando un agente dispersante.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	320,1	328,2	350,3	15,1
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	272,3	277,7	297,7	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	14,9	15,4	15,0	

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AG002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	4356,0	4140,0	4284,0	2,5
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	4248,0	4036,0	4180,0	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	2,5	2,5	2,4	

Procedimiento empleado en las determinaciones : Lavado con agua.
 Lavado utilizando un agente dispersante.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AF003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	318,1	311,5		15,1
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	270,1	264,4		
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	15,1	15,1		

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AG003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	4010,0	4294,0		2,4
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	3914,0	4194,0		
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	2,4	2,3		

Procedimiento empleado en las determinaciones : Lavado con agua.
 Lavado utilizando un agente dispersante.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 μ m (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AF004.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	434,6	379,1	358,1	15,2
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	368,0	320,9	304,4	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 μ m por vía húmeda	15,3	15,4	15,0	

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 μ m (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : MMF200 – AG004.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	4231,0	4205,0	4475,0	2,2
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	4133,0	4114,0	4375,0	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 μ m por vía húmeda	2,3	2,2	2,2	

Procedimiento empleado en las determinaciones : Lavado con agua.
 Lavado utilizando un agente dispersante.

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : MMF200 – AF005.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	370,7	350,4	413,9	15,0
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	314,0	297,7	352,6	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	15,3	15,0	14,8	

**DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ
 NORMALIZADO 75 µm (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.018)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : MMF200 – AG005.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa seca de la muestra original, en gramos	4151,0	4127,0	4414,0	2,3
Masa seca de la muestra ensayada, en gramos	4059,0	4027,0	4317,0	
Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm por vía húmeda	2,2	2,4	2,2	

Procedimiento empleado en las determinaciones : Lavado con agua.
 Lavado utilizando un agente dispersante.

Anexo 8

Resistencia a la degradación en agregados gruesos de
tamaños menores por abrasión e impacto en
la máquina de Los Ángeles
(NTP 400.019)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (NTP 400.019)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : RDATM – AG001.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		A	B	C	D
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz	Masa de tamaño indicado, en gramos			
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25			
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25			
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (⅜ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
9,5 mm (⅜ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)			2500 ± 10	
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N° 4)			2500 ± 10	
4,75 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)				5000 ± 10
Masa total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6
Número de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación en minutos		15	15	15	15
Masa de la muestra a ensayar		5002			
Masa de la muestra retenida en el tamiz N° 12		3705			
Diferencia de pesos en la muestra ensayada		1297			
Resistencia al desgaste, en porcentaje		26			

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (NTP 400.019)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : RDATM – AG002.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		A	B	C	D
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz	Masa de tamaño indicado, en gramos			
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25			
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25			
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (⅜ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
9,5 mm (⅜ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)			2500 ± 10	
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N° 4)			2500 ± 10	
4,75 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)				5000 ± 10
Masa total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6
Número de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación en minutos		15	15	15	15
Masa de la muestra a ensayar		5002			
Masa de la muestra retenida en el tamiz N° 12		3714			
Diferencia de pesos en la muestra ensayada		1288			
Resistencia al desgaste, en porcentaje		26			

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (NTP 400.019)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : RDATM – AG003.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		A	B	C	D
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz	Masa de tamaño indicado, en gramos			
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25			
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25			
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (⅜ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
9,5 mm (⅜ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)			2500 ± 10	
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N° 4)			2500 ± 10	
4,75 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)				5000 ± 10
Masa total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6
Número de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación en minutos		15	15	15	15
Masa de la muestra a ensayar		5004			
Masa de la muestra retenida en el tamiz N° 12		3723			
Diferencia de pesos en la muestra ensayada		1281			
Resistencia al desgaste, en porcentaje		26			

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (NTP 400.019)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : RDATM – AG004.

Tamaño del tamiz mm (pulg)		A	B	C	D
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz	Masa de tamaño indicado, en gramos			
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25			
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25			
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (⅜ pulg)	1250 ± 25	2500 ± 10		
9,5 mm (⅜ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)			2500 ± 10	
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N° 4)			2500 ± 10	
4,75 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)				5000 ± 10
Masa total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6
Número de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación en minutos		15	15	15	15
Masa de la muestra a ensayar		5008			
Masa de la muestra retenida en el tamiz N° 12		3748			
Diferencia de pesos en la muestra ensayada		1260			
Resistencia al desgaste, en porcentaje		25			

Anexo 9

Densidad, densidad relativa (peso específico) y
absorción del agregado grueso
(NTP 400.021)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.021)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AG001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos	4183,5	4154,5	4174,5	4170,8
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos	4207,5	4177,0	4198,5	4194,3
Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos	2515,0	2493,5	2511,0	2506,5
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,49	2,48	2,49	2,49
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51	2,50	2,51	2,51
Densidad (OD), en kg/m ³	2466	2462	2468	2465
Densidad (SSD), en kg/m ³	2480	2475	2482	2479
Densidad aparente, en kg/m ³	2501	2495	2503	2500
Absorción (Ab %)	0,57	0,54	0,57	0,56

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.021)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AG002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos	4413,5	4138,5	4523,5	4358,5
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos	4439,0	4162,5	4547,5	4383,0
Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos	2659,0	2487,0	2726,0	2624,0
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,48	2,47	2,48	2,48
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,49	2,48	2,50	2,49
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,52	2,51	2,52	2,51
Densidad (OD), en kg/m ³	2473	2464	2477	2471
Densidad (SSD), en kg/m ³	2488	2478	2490	2485
Densidad aparente, en kg/m ³	2509	2500	2510	2506
Absorción (Ab %)	0,58	0,58	0,53	0,56

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.021)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AG003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos	4041,6	4121,2	4050,6	4071,1
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos	4061,8	4145,4	4072,5	4093,2
Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos	2430,0	2479,1	2435,6	2448,2
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,48	2,47	2,47	2,47
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,49	2,49	2,49	2,49
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51	2,51	2,51	2,51
Densidad (OD), en kg/m ³	2471	2467	2468	2469
Densidad (SSD), en kg/m ³	2483	2482	2482	2482
Densidad aparente, en kg/m ³	2502	2503	2502	2502
Absorción (Ab %)	0,50	0,59	0,54	0,54

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.021)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AG004.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos	4050,1	4142,3	4214,6	4135,7
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos	4073,8	4165,5	4236,4	4158,6
Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos	2434,2	2492,7	2536,9	2487,9
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,47	2,48	2,48	2,48
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,48	2,49	2,49	2,49
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51	2,51	2,51	2,51
Densidad (OD), en kg/m ³	2464	2470	2474	2469
Densidad (SSD), en kg/m ³	2478	2484	2487	2483
Densidad aparente, en kg/m ³	2500	2505	2506	2504
Absorción (Ab %)	0,59	0,56	0,52	0,55

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
 (NTP 400.021)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AG005.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada al horno en aire, en gramos	4036,2	4094,5	4050,3	4060,3
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, en gramos	4055,7	4115,9	4073,9	4081,8
Masa aparente en el agua de la muestra de ensayo saturada, en gramos	2425,7	2462,0	2435,2	2441,0
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,48	2,48	2,47	2,47
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,49	2,49	2,49	2,49
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51	2,51	2,51	2,51
Densidad (OD), en kg/m ³	2470	2469	2465	2468
Densidad (SSD), en kg/m ³	2482	2482	2480	2481
Densidad aparente, en kg/m ³	2500	2502	2502	2501
Absorción (Ab %)	0,48	0,52	0,58	0,53

Anexo 10

Densidad, densidad relativa (peso específico) y
absorción del agregado fino
(NTP 400.022)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.022)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada en el horno, en gramos	496,60	496,80	497,60	497,00
Masa del frasco llenado de agua hasta la marca de calibración, en gramos	671,74	654,06	666,92	664,24
Masa del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos	985,80	968,20	981,60	978,53
Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, en gramos	500,00	500,00	500,00	500,00
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,67	2,67	2,69	2,68
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,69	2,69	2,70	2,69
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72	2,72	2,72	2,72
Densidad (OD), en kg/m ³	2664	2666	2678	2670
Densidad (SSD), en kg/m ³	2682	2683	2691	2686
Densidad aparente, en kg/m ³	2714	2713	2714	2713
Absorción (Ab %)	0,68	0,64	0,48	0,60

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.022)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada en el horno, en gramos	497,70	498,40	498,30	498,13
Masa del frasco llenado de agua hasta la marca de calibración, en gramos	671,74	654,06	666,92	664,24
Masa del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos	985,80	968,20	981,60	978,53
Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, en gramos	500,00	500,00	500,00	500,00
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,68	2,68	2,69	2,68
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,69	2,69	2,70	2,69
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,71	2,70	2,71	2,71
Densidad (OD), en kg/m ³	2670	2675	2682	2676
Densidad (SSD), en kg/m ³	2682	2683	2691	2686
Densidad aparente, en kg/m ³	2703	2698	2707	2703
Absorción (Ab %)	0,46	0,32	0,34	0,37

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA
 (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
 (NTP 400.022)**

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : PEyA – AF003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra secada en el horno, en gramos	498,00	498,00	498,00	498,00
Masa del frasco llenado de agua hasta la marca de calibración, en gramos	671,74	654,06	666,92	664,24
Masa del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos	986,00	969,00	982,00	679,00
Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, en gramos	500,00	500,00	500,00	500,00
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,68	2,69	2,69	2,69
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2,69	2,70	2,70	2,70
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,71	2,72	2,72	2,72
Densidad (OD), en kg/m ³	2674	2684	2686	2682
Densidad (SSD), en kg/m ³	2685	2695	2697	2692
Densidad aparente, en kg/m ³	2704	2714	2716	2711
Absorción (Ab %)	0,40	0,40	0,40	0,40

Anexo 11

Determinación cualitativa de las impurezas orgánicas
en el agregado fino para concreto
(NTP 400.024)

Anexo 12

Porcentaje de poros en el agregado
(NTP 400.036)

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO FINO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : P – AF001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1780	1777	1778	1779
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1534	1535	1527	1532
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	34	34	34	34
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	43	43	43	43

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.022.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO FINO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : P – AF002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1789	1791	1795	1792
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1533	1518	1523	1525
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	33	33	33	33
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	43	43	43	43

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.022.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO FINO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : P – AF003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,68	2,68	2,68	2,68
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1789	1790	1796	1791
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1522	1523	1525	1523
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	33	33	33	33
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	43	43	43	43

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.022.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO GRUESO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : P – AG001.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1584	1592	1596	1591
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1503	1492	1504	1499
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	36	36	35	36
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	39	40	39	39

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.021.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
 Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
 Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
 Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO GRUESO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”
 Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.
 Registro : P – AG002.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1589	1596	1594	1593
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1499	1502	1498	1500
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	36	35	36	36
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	39	39	39	39

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.021.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROS EN EL AGREGADO GRUESO (NTP 400.036)

Cantera : Cantera de cerro “Tioyacu” de la fábrica de cemento “Cementos Selva S. A.”

Ubicación : Distrito de Elías Soplin Vargas, Provincia de Rioja, Región San Martín, República del Perú.

Registro : P – AG003.

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	2,47	2,47	2,47	2,47
Densidad del agua, en kg/m ³	999	999	999	999
Densidad o masa por unidad de volumen compactada, en kg/m ³	1592	1588	1587	1589
Densidad o masa por unidad de volumen suelta, en kg/m ³	1494	1493	1492	1493
Cantidad de poros en el agregado en la condición de compactado, en porcentaje	36	36	36	36
Cantidad de poros en el agregado en la condición de suelto, en porcentaje	40	40	40	40

A = Densidad relativa (gravedad específica) (OD) del agregado, conforme con la NTP 400.021.

B = Masa por unidad de volumen o densidad del agregado (compactado y suelto), conforme con la NTP 400.017.

W = Densidad del agua (999 kg/m³).

Porcentaje de poro = $[(A \times W) - B] \times 100 / (A \times W)$

Anexo 13

Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso
(NTP 400.040)

Anexo 14

Determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles
en agua para agregados en hormigón (concreto)
(NTP 400.042)

Anexo 15

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³	1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino	2,69
Absorción, en porcentaje	0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,0
Módulo de fineza	3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³	1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso	2,49
Absorción, en porcentaje	0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 70$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	100
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 100 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,68
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	285 (6,7)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b_0 en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,094 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,713
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,287 771
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	285 195 771 <u>1018</u>

			382
	Total, en kg/m ³		2269
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		771
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-3,2
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-5,1</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-8,3
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		285
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		771
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2279
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	285	285
	Agua, en kg/m ³	195	203
	Agregado fino, en kg/m ³	771	771
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,0	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,0
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2351
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,07
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,49
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		5,71
	Agua añadida, en L		4,49
	Agregado fino húmedo, en kg		15,44
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,39</u>
	Masa por tanda, en kg		46,03

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0196
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,5 4,49 -0,06 <u>-0,10</u> 4,33
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	221
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,0 (100,0) 4,0 (100,0) 0,0 221
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,68 323
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1041 1041
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1047 760 757
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	323 221 757 <u>1041</u> 2342
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,107 0,221 0,015 <u>0,418</u> 0,761

	384
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,239
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	643
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	323
Agua de diseño, en L/m ³	221
Agregado fino seco, en kg/m ³	643
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1041</u>
Total, en kg/m ³	2228

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.		
--	--	--
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³		1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³		1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino		2,69
Absorción, en porcentaje		0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1
Módulo de fineza		3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros		25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³		1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³		1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso		2,49
Absorción, en porcentaje		0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 70$$

$$f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	100
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 100 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,63
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	311 (7,3)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b _o en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,103 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,722
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,278 748
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	311 195 748 <u>1018</u>

			387
	Total, en kg/m ³		2272
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		749
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,9
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-4,4</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,3
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		311
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		749
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2281
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	311	311
	Agua, en kg/m ³	195	202
	Agregado fino, en kg/m ³	748	749
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		3,8
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2366
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,05
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,49
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		6,22
	Agua añadida, en L		4,49
	Agregado fino húmedo, en kg		14,99
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,40</u>
	Masa por tanda, en kg		46,10

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0195
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,4 4,49 -0,06 <u>-0,09</u> 4,34
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	223
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	3,8 (095,0) 4,0 (100,0) 1,0 224
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,63 357
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1047 1046
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1052 734 730
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	357 224 730 <u>1046</u> 2357
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,118 0,224 0,015 <u>0,420</u> 0,777

Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,223
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	599

Y las masas ajustadas, para 1 m³ de concreto, serán:

Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	357
Agua de diseño, en L/m ³	224
Agregado fino seco, en kg/m ³	599
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1046</u>
Total, en kg/m ³	2226

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

Tesis	: Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
Tesista	: Bach. Jaime Eduardo Azang García.
Asesor	: Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
Co – asesor	: Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.		
--	--	--
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³		1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³		1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino		2,69
Absorción, en porcentaje		0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1
Módulo de fineza		3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros		25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³		1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³		1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso		2,49
Absorción, en porcentaje		0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	100
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 100 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,56
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	350 (8,2)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b ₀ en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,116 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,735
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,265 713
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	350 195 713 <u>1018</u>

			392
	Total, en kg/m ³		2277
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		714
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,3
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,5
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-4,9</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,4
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		350
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		714
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2285
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	350	350
	Agua, en kg/m ³	195	202
	Agregado fino, en kg/m ³	713	714
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,0
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2372
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,05
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,65
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		7,01
	Agua añadida, en L		4,65
	Agregado fino húmedo, en kg		14,29
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,40</u>
	Masa por tanda, en kg		46,34

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0195
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,3 -0,5 4,65 -0,05 <u>-0,10</u> 4,50
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	230
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,0 (100,0) 4,0 (100,0) 0,0 230
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,56 414
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1044 1043
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1049 679 676
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	414 230 676 <u>1043</u> 2363
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,137 0,230 0,015 <u>0,419</u> 0,801

	394
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,199
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	534
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	414
Agua de diseño, en L/m ³	230
Agregado fino seco, en kg/m ³	534
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1043</u>
Total, en kg/m ³	2222

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

Tesis	: Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
Tesista	: Bach. Jaime Eduardo Azang García.
Asesor	: Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
Co – asesor	: Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³	1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino	2,69
Absorción, en porcentaje	0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,1
Módulo de fineza	3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³	1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso	2,49
Absorción, en porcentaje	0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 330 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	100
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 100 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,51
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	384 (9,0)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b ₀ en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,127 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,746
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,254 683
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	384 195 683 <u>1018</u>

			397
	Total, en kg/m ³		2280
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		684
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,7
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-5,0</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,7
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		384
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		684
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2289
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	384	384
	Agua, en kg/m ³	195	203
	Agregado fino, en kg/m ³	683	684
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,0
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2382
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,06
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,71
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		7,68
	Agua añadida, en L		4,71
	Agregado fino húmedo, en kg		13,68
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,39</u>
	Masa por tanda, en kg		46,47

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0195
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,5 4,71 -0,05 <u>-0,10</u> 4,56
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	233
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,0 (100,0) 4,0 (100,0) 0,0 233
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,51 460
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1045 1045
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1050 638 635
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	460 233 635 <u>1045</u> 2373
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,152 0,233 0,015 <u>0,419</u> 0,820

Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,180
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	484

Y las masas ajustadas, para 1 m³ de concreto, serán:

Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	460
Agua de diseño, en L/m ³	233
Agregado fino seco, en kg/m ³	484
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1045</u>
Total, en kg/m ³	2221

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Anexo 16

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	213
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	285
	Relación agua – cemento	0,75

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	179 kg/cm ²	183 kg/cm ²
3 – 4	188 kg/cm ²	
5 – 6	182 kg/cm ²	
7 – 8	188 kg/cm ²	
9 – 10	180 kg/cm ²	
11 – 12	184 kg/cm ²	
13 – 14	180 kg/cm ²	
15 – 16	178 kg/cm ²	
17 – 18	189 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 4,0219

Valor del coeficiente M₂ 0,3572

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,75

Valor del coeficiente V 0,1249

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6252

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 140

Valor de la característica “A”	0,6252
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	4,0219
Valor del coeficiente M ₂	0,3572
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,0745
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,79
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	270

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	677,7
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1755,3

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	269,6	89,3
Agua	213,0	213,0
Agregado fino	702,1	258,1
Agregado grueso	1053,2	419,6
Total	2237,9	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	217
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	310
	Relación agua – cemento	0,70

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	203 kg/cm ²	203 kg/cm ²
3 – 4	204 kg/cm ²	
5 – 6	205 kg/cm ²	
7 – 8	202 kg/cm ²	
9 – 10	202 kg/cm ²	
11 – 12	201 kg/cm ²	
13 – 14	203 kg/cm ²	
15 – 16	205 kg/cm ²	
17 – 18	206 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 4,0219

Valor del coeficiente M₂ 0,3572

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,70

Valor del coeficiente V 0,1549

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6088

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 175

Valor de la característica “A”	0,6088
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	4,0219
Valor del coeficiente M ₂	0,3572
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1208
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,75
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	289

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	667,2
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1728,0

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	289,3	95,8
Agua	217,0	217,0
Agregado fino	691,2	254,1
Agregado grueso	1036,8	413,1
Total	2234,4	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	222
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	370
	Relación agua – cemento	0,60

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	271 kg/cm ²	274 kg/cm ²
3 – 4	277 kg/cm ²	
5 – 6	274 kg/cm ²	
7 – 8	273 kg/cm ²	
9 – 10	273 kg/cm ²	
11 – 12	270 kg/cm ²	
13 – 14	276 kg/cm ²	
15 – 16	273 kg/cm ²	
17 – 18	279 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 4,0219

Valor del coeficiente M₂ 0,3572

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,60

Valor del coeficiente V 0,2218

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6430

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 210

Valor de la característica “A”	0,6430
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	4,0219
Valor del coeficiente M ₂	0,3572
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1493
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,71
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	313

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	654,5
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1695,1

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	312,7	103,5
Agua	222,0	222,0
Agregado fino	678,0	249,3
Agregado grueso	1017,0	405,2
Total	2229,7	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz

Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	229
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	410
	Relación agua – cemento	0,56

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	292 kg/cm ²	307 kg/cm ²
3 – 4	301 kg/cm ²	
5 – 6	309 kg/cm ²	
7 – 8	311 kg/cm ²	
9 – 10	316 kg/cm ²	
11 – 12	303 kg/cm ²	
13 – 14	311 kg/cm ²	
15 – 16	312 kg/cm ²	
17 – 18	309 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 4,0219

Valor del coeficiente M₂ 0,3572

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,56

Valor del coeficiente V 0,2518

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6573

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 245

Valor de la característica “A”	0,6573
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	4,0219
Valor del coeficiente M ₂	0,3572
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1830
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,66
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	347

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	636,1
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1647,5

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	347,0	114,9
Agua	229,0	229,0
Agregado fino	659,0	242,3
Agregado grueso	988,5	393,8
Total	2223,5	980,0

Anexo 17

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.		
--	--	--
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³		1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³		1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino		2,69
Absorción, en porcentaje		0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1
Módulo de fineza		3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros		25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³		1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³		1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso		2,49
Absorción, en porcentaje		0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 70$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	120
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 120 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,68
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	285 (6,7)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b_0 en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,094 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,713
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,287 771
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	285 195 771 <u>1018</u>

			420
	Total, en kg/m ³		2269
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		772
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-3,0
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-4,4</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,4
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		285
	Agua efectiva, en L/m ³		202
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		772
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2279
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	285	285
	Agua, en kg/m ³	195	202
	Agregado fino, en kg/m ³	771	772
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		5,2
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2355
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,05
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,66
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		5,71
	Agua añadida, en L		4,66
	Agregado fino húmedo, en kg		15,45
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,40</u>
	Masa por tanda, en kg		46,22

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0196
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,4 4,66 -0,06 <u>-0,09</u> 4,51
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	230
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	5,2 (130,0) 4,8 (120,0) -2,0 228
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,68 333
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1039 1038
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1044 750 747
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	333 228 747 <u>1038</u> 2345
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,110 0,228 0,015 <u>0,417</u> 0,770

	422
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,230
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	619
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	333
Agua de diseño, en L/m ³	228
Agregado fino seco, en kg/m ³	619
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1038</u>
Total, en kg/m ³	2218

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
- 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
- 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
- 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
- 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).
- 2 Materiales.
- 2.1 Cemento.
- Marca del cemento : Pacasmayo.
- Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).
- Peso específico del cemento 3,02
- 2.2 Agua.
- Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
- 2.3 Agregado fino.
- | | |
|--|------|
| Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³ | 1793 |
| Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³ | 1527 |
| Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino | 2,69 |
| Absorción, en porcentaje | 0,5 |
| Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje | 0,1 |
| Módulo de fineza | 3,1 |
- 2.4 Agregado grueso.
- | | |
|--|------|
| Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros | 25 |
| Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³ | 1591 |
| Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³ | 1497 |
| Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso | 2,49 |
| Absorción, en porcentaje | 0,6 |
| Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje | 0,1 |
- 3 Determinación de la resistencia promedio.
- Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 70$$

$$f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	120
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 120 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,63
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	311 (7,3)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b_0 en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,103 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,722
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,278 748
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	311 195 748 <u>1018</u>

			425
	Total, en kg/m ³		2272
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		749
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,9
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-4,9</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,9
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		311
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		749
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2281
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	311	311
	Agua, en kg/m ³	195	203
	Agregado fino, en kg/m ³	748	749
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,8
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2385
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,06
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,66
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		6,22
	Agua añadida, en L		4,66
	Agregado fino húmedo, en kg		14,99
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,39</u>
	Masa por tanda, en kg		46,26

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0194
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,5 4,66 -0,06 <u>-0,10</u> 4,50
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	232
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,8 (120,0) 4,8 (120,0) 0,0 232
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,63 370
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1051 1051
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1056 727 723
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	370 232 723 <u>1051</u> 2376
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,122 0,232 0,015 <u>0,422</u> 0,791

	427
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,209
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	561
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	370
Agua de diseño, en L/m ³	232
Agregado fino seco, en kg/m ³	561
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1051</u>
Total, en kg/m ³	2213

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³	1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino	2,69
Absorción, en porcentaje	0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,1
Módulo de fineza	3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³	1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso	2,49
Absorción, en porcentaje	0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje	0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	120
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 120 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,56
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	350 (8,2)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b ₀ en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,106 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,735
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,265 713
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	350 195 713 <u>1018</u>

			430
	Total, en kg/m ³		2277
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		714
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,8
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-4,9</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,7
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		350
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		714
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2285
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	350	350
	Agua, en kg/m ³	195	203
	Agregado fino, en kg/m ³	713	714
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,6
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2365
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,06
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,81
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		7,01
	Agua añadida, en L		4,81
	Agregado fino húmedo, en kg		14,29
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,39</u>
	Masa por tanda, en kg		46,50

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0197
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,5 4,81 -0,06 <u>-0,10</u> 4,66
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	237
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,6 (115,0) 4,8 (120,0) 1,0 238
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,56 427
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1037 1037
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1042 657 654
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	427 238 654 <u>1037</u> 2356
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,141 0,238 0,015 <u>0,416</u> 0,811

	432
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,189
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	509
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	427
Agua de diseño, en L/m ³	238
Agregado fino seco, en kg/m ³	509
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1037</u>
Total, en kg/m ³	2211

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Método del Comité 211.1 del ACI
Práctica estándar para la selección de las proporciones de
concreto de peso normal, pesado y masivo

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días. No se cuenta con registros de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento	: Pacasmayo.	
Tipo de cemento	: Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).	
Peso específico del cemento		3,02
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.		
--	--	--
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³		1793
Masa por unidad de volumen del agregado fino seco suelto, en kg/m ³		1527
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado fino		2,69
Absorción, en porcentaje		0,5
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1
Módulo de fineza		3,1
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros		25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³		1591
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco suelto, en kg/m ³		1497
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD) del agregado grueso		2,49
Absorción, en porcentaje		0,6
Contenido de humedad total evaporable, en porcentaje		0,1

- 3 Determinación de la resistencia promedio.

Conociendo que la resistencia a la rotura por compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm² y no contando con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, se empleó la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$

$$f'_{cr} = 330 \text{ kg/cm}^2$$

Esta expresión está actualizada según D. S. N° 010 – 2009 – VIVIENDA (véase Norma E.060 – Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado con D. S. N° 011 – 2012 – VIVIENDA).

4	Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Según especificaciones y conforme a la granulometría del agregado grueso, a la mezcla le corresponde un tamaño máximo nominal de: Tamaño máximo nominal, en milímetros	25
5	Revenimiento seleccionado. Se seleccionó un revenimiento de, en milímetros	120
6	Volumen unitario de agua. El agua de diseño para una mezcla de concreto cuyo revenimiento es de 120 mm, sin aire incorporado y con agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), es de: Agua de diseño, en kg/m ³	195
7	Contenido de aire. El concreto no va a estar expuesto a condiciones severas. Para un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 25 mm (1 pulgada), el contenido de aire atrapado es de: Aire atrapado, en porcentaje	1,5
8	Relación agua – cemento. La relación agua – cemento seleccionado es por resistencia: Agua – cemento	0,51
9	Factor cemento. Factor cemento, en kg/m ³ (bolsas/m ³)	384 (9,0)
10	Contenido de agregado grueso. Módulo de fineza del agregado fino Tamaño máximo nominal, en milímetros Valor de b/b ₀ en m ³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto Masa del agregado grueso, en kg/m ³	3,1 25 0,64 1018
11	Cálculo de los volúmenes absolutos. Volumen absoluto de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes absolutos, en m ³	0,127 0,195 0,015 <u>0,409</u> 0,746
12	Contenido de agregado fino. Volumen absoluto de agregado fino seco: Volumen de agregado fino seco, en m ³ Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	0,254 683
13	Valores de diseño. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	384 195 683 <u>1018</u>

			435
	Total, en kg/m ³		2280
14	Corrección por humedad del agregado.		
	Masa húmeda del:		
	Agregado fino, en kg/m ³		684
	Agregado grueso, en kg/m ³		1019
	Humedad superficial del:		
	Agregado fino, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,4
	Agregado grueso, en porcentaje (humedad – absorción)		-0,5
	Aporte de humedad del:		
	Agregado fino, en L/m ³		-2,7
	Agregado grueso, en L/m ³		<u>-5,0</u>
	Aporte de humedad total, en L/m ³		-7,7
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Y las masas de los materiales, ya corregidas por humedad del agregado, a ser empleadas en el ajuste de las proporciones, serán:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³		384
	Agua efectiva, en L/m ³		203
	Agregado fino húmedo, en kg/m ³		684
	Agregado grueso húmedo, en kg/m ³		<u>1019</u>
	Total, en kg/m ³		2289
15	Especificaciones para los ajustes de las proporciones.		
	Diseños sin corrección y con corrección de humedad, respectivamente:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	384	384
	Agua, en kg/m ³	195	203
	Agregado fino, en kg/m ³	683	684
	Agregado grueso, en kg/m ³	1018	1019
		Agregado fino	Agregado grueso
	Absorción, en porcentaje	0,5	0,6
	Humedad, en porcentaje	0,1	0,1
16	Tanda de ensayo.		
	Se ha preparado una tanda de ensayo en el laboratorio para un volumen de 0,02 m ³ de concreto. El concreto así preparado tiene:		
	Revenimiento aproximado, en pulgadas		4,8
	Densidad del concreto fresco, en kg/m ³		2388
	Para llegar a este concreto fue necesario incrementar la cantidad teórica de agua añadida.		
	Cantidad de agua que debió ser, en L/tanda		4,06
	Cantidad de agua incrementada, en L/tanda		4,81
17	Masas de la tanda.		
	La tanda para un volumen de 0,02 m ³ con la corrección efectuada en el agua, consistirá en:		
	Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg		7,68
	Agua añadida, en L		4,81
	Agregado fino húmedo, en kg		13,68
	Agregado grueso húmedo, en kg		<u>20,39</u>
	Masa por tanda, en kg		46,57

18	Rendimiento de la tanda de ensayo. Rendimiento, en m ³	0,0195
19	Agua de mezclado por tanda. A continuación, se determinó la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda. Humedad superficial del: Agregado fino, en porcentaje Agregado grueso, en porcentaje Agua añadida, en L/tanda Aporte de humedad del agregado fino, en L/tanda Aporte de humedad del agregado grueso, en L/tanda Agua de mezclado por tanda, en L/tanda	-0,4 -0,5 4,81 -0,05 <u>-0,10</u> 4,66
20	Agua de mezclado requerido. Agua de mezclado, en L/m ³	239
21	Corrección en el agua de mezclado. Revenimiento registrado, en pulgadas (mm) Revenimiento solicitado, en pulgadas (mm) Incremento de agua, en L Nueva agua de mezclado, en L	4,8 (120,0) 4,8 (120,0) 0,0 239
22	Nueva relación agua – cemento. Relación agua – cemento Nuevo contenido de cemento, en kg/m ³	0,51 470
23	Contenido de agregado grueso. Agregado grueso húmedo, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³	1046 1045
24	Contenido de agregado fino. Agregado grueso (SSD), en kg/m ³ Agregado fino (SSD), en kg/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³	1051 628 625
25	Nuevas masas secas de la tanda. De acuerdo a los ajustes efectuados, las nuevas masas de la tanda, para 1 m ³ de concreto, como valores de diseño serán: Masas secas obtenidas por el método de las masas. Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³ Agua de diseño, en L/m ³ Agregado fino seco, en kg/m ³ Agregado grueso seco, en kg/m ³ Total, en kg/m ³	470 239 625 <u>1045</u> 2379
	Masas secas obtenidas por el método de los volúmenes absolutos. Volúmenes absolutos de: Cemento Extraforte. Tipo ICo, en m ³ Agua, en m ³ Aire, en m ³ Agregado grueso, en m ³ Suma de volúmenes conocidos, en m ³	0,156 0,239 0,015 <u>0,420</u> 0,829

	437
Volumen de agregado fino seco, en m ³	0,171
Masa seca del agregado fino, en kg/m ³	460
Y las masas ajustadas, para 1 m ³ de concreto, serán:	
Cemento Extraforte. Tipo ICo, en kg/m ³	470
Agua de diseño, en L/m ³	239
Agregado fino seco, en kg/m ³	460
Agregado grueso seco, en kg/m ³	<u>1045</u>
Total, en kg/m ³	2214

Los valores obtenidos con cada método difieren únicamente en la masa del agregado fino y deberán ser corregidos por condición de humedad del agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

Anexo 18

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	226
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	300
	Relación agua – cemento	0,75

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	173 kg/cm ²	177 kg/cm ²
3 – 4	173 kg/cm ²	
5 – 6	179 kg/cm ²	
7 – 8	172 kg/cm ²	
9 – 10	173 kg/cm ²	
11 – 12	181 kg/cm ²	
13 – 14	181 kg/cm ²	
15 – 16	180 kg/cm ²	
17 – 18	181 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 3,9011

Valor del coeficiente M₂ 0,3780

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,75

Valor del coeficiente V 0,1249

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6005

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 140

Valor de la característica “A”	0,6005
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,0784
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,79
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	286

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	659,3
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1707,5

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	286,1	94,7
Agua	226,0	226,0
Agregado fino	683,0	251,1
Agregado grueso	1024,5	408,2
Total	2219,6	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	230
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	330
	Relación agua – cemento	0,70

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	212 kg/cm ²	213 kg/cm ²
3 – 4	213 kg/cm ²	
5 – 6	210 kg/cm ²	
7 – 8	211 kg/cm ²	
9 – 10	213 kg/cm ²	
11 – 12	213 kg/cm ²	
13 – 14	213 kg/cm ²	
15 – 16	218 kg/cm ²	
17 – 18	214 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:	
Relación agua – cemento	0,70
Valor del coeficiente V	0,1549
El valor de la característica “A” del agregado grueso es:	
Valor de la característica “A”	0,6363

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	175
---	-----

Valor de la característica “A”	0,6363
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1098
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,77
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	299

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	651,1
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1686,3

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	298,7	98,9
Agua	230,0	230,0
Agregado fino	674,5	248,0
Agregado grueso	1011,8	403,1
Total	2215,0	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz

Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	231
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	385
	Relación agua – cemento	0,60

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	269 kg/cm ²	270 kg/cm ²
3 – 4	273 kg/cm ²	
5 – 6	265 kg/cm ²	
7 – 8	267 kg/cm ²	
9 – 10	269 kg/cm ²	
11 – 12	269 kg/cm ²	
13 – 14	272 kg/cm ²	
15 – 16	274 kg/cm ²	
17 – 18	272 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:	
Relación agua – cemento	0,60
Valor del coeficiente V	0,2218
El valor de la característica “A” del agregado grueso es:	
Valor de la característica “A”	0,6372

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	210
---	-----

Valor de la característica “A”	0,6372
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1508
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,70
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	330

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	639,7
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1656,9

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	330,0	109,3
Agua	231,0	231,0
Agregado fino	662,8	243,7
Agregado grueso	994,1	396,1
Total	2217,9	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método para dosificar mezclas de concreto con baja consistencia

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopucú Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	237
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	425
	Relación agua – cemento	0,56

Con la cantidad de agua determinada experimentalmente, se fabricaron 18 probetas de concreto para a los 28 días obtener su resistencia a la rotura por compresión en kg/cm².

Posteriormente, se analizó estadísticamente los resultados, lo que permitió obtener lo siguiente:

Probeta	Resistencia a la rotura por compresión	Promedio
1 – 2	299 kg/cm ²	295 kg/cm ²
3 – 4	295 kg/cm ²	
5 – 6	295 kg/cm ²	
7 – 8	292 kg/cm ²	
9 – 10	292 kg/cm ²	
11 – 12	292 kg/cm ²	
13 – 14	297 kg/cm ²	
15 – 16	297 kg/cm ²	
17 – 18	300 kg/cm ²	

- 5 Determinación de la característica “A” del agregado grueso.

$$A = R_h / [R_c \times (M_1 \times V + M_2)]$$

Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

Valor del coeficiente M₁ 3,9011

Valor del coeficiente M₂ 0,3780

Con la relación agua – cemento del concreto experimental, se tiene:

Relación agua – cemento 0,56

Valor del coeficiente V 0,2518

El valor de la característica “A” del agregado grueso es:

Valor de la característica “A” 0,6367

- 6 Determinación de la dosificación del concreto deseado.

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm² 245

Valor de la característica “A”	0,6367
Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
Valor del coeficiente M ₁	3,9011
Valor del coeficiente M ₂	0,3780
El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
Valor del coeficiente V	0,1923
Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
Nueva relación agua – cemento (w)	0,64
Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	370

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
Volumen de agregados, en L	620,4
Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
Masa total de los agregados, en kg	1606,8

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	370,3	122,6
Agua	237,0	237,0
Agregado fino	642,7	236,3
Agregado grueso	964,1	384,1
Total	2214,1	980,0

Anexo 19

Determinación de las características de formas "ø" y "P"
del agregado grueso de la cantera "Tioyacu"

Anexo 20

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm^2 , 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 , 245 kg/cm^2

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto a través de la
aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O'Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	213
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	285
	Relación agua – cemento	0,75
	Además, para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	Valor del coeficiente V	0,1249
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	140
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,1090
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,78
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	273
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	676,6
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1752,3

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	273,1	90,4
Agua	213,0	213,0
Agregado fino	700,9	257,7
Agregado grueso	1051,4	418,9
Total	2238,4	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto a través de la
aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O'Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.
 Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

		471
4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	217
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	310
	Relación agua – cemento	0,70
	Además, para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	Valor del coeficiente V	0,1549
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	175
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,1584
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,69
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	314
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	658,9
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1706,4

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	314,5	104,1
Agua	217,0	217,0
Agregado fino	682,6	250,9
Agregado grueso	1023,9	407,9
Total	2237,9	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto a través de la
aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O'Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.
 Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	222
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	370
	Relación agua – cemento	0,60
	Además, para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	Valor del coeficiente V	0,2218
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	210
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,2079
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,62
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	358
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	639,4
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1656,1

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	358,1	118,6
Agua	222,0	222,0
Agregado fino	662,5	243,5
Agregado grueso	993,7	395,9
Total	2236,2	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto a través de la
aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O'Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (100 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 100 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	229
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	410
	Relación agua – cemento	0,56
	Además, para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	Valor del coeficiente V	0,2518
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	245
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 100 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	4,0219
	Valor del coeficiente M ₂	0,3572
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,2573
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,55
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	416
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	613,1
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1588,0

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	416,4	137,9
Agua	229,0	229,0
Agregado fino	635,2	233,5
Agregado grueso	952,8	379,6
Total	2233,4	980,0

Anexo 21

Diseño de mezclas de concreto

Técnica de diseño "Método Físico – Matemático para determinar la característica A del agregado grueso para concretos" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto
a través de la aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 140 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	226
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	300
	Relación agua – cemento	0,75
	Además, para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	Valor del coeficiente V	0,1249
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	140
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,1070
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,78
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	290
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	658,1
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1704,4

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	289,7	95,9
Agua	226,0	226,0
Agregado fino	681,7	250,6
Agregado grueso	1022,6	407,4
Total	2220,1	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto
a través de la aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O'Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O'Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento	3,02
Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm ²	341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m ³	1793
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,72
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2709
Absorción, en porcentaje	0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros	25
Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m ³	1591
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2,51
Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m ³	2503
Absorción, en porcentaje	0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	230
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	330
	Relación agua – cemento	0,70

Además, para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	Valor del coeficiente V	0,1549

5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161

6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
---	--	--

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	175
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,1580
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,70
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	329

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	641,2
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1660,7

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	328,6	108,8
Agua	230,0	230,0
Agregado fino	664,3	244,2
Agregado grueso	996,4	397,0
Total	2219,3	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto
a través de la aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.
Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	231
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	385
	Relación agua – cemento	0,60

Además, para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:

	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	Valor del coeficiente V	0,2218

5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161

6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
---	--	--

$$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$$

	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	210
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,2090
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,62
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	373

Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$$

$$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$$

	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	625,6
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1620,4

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	372,6	123,4
Agua	231,0	231,0
Agregado fino	648,1	238,3
Agregado grueso	972,2	387,3
Total	2224,0	980,0

Método de Vitervo Asdrúbal O'Reilly Díaz
Método FÍSICO – MATEMÁTICO para dosificar mezclas de concreto
a través de la aplicación directa de la característica “A” del agregado grueso

- Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.
- Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.
- Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.
- Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

Selección de las proporciones del concreto

- 1 Especificaciones.
 - 1.1 La tesis no considera para el diseño, procesos de congelación y deshielo; presencia de ion cloruro o ataques por sulfatos.
 - 1.2 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 245 kg/cm², a los 28 días.
 - 1.3 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 25 mm (1 pulgada).
 - 1.4 Para efectos de colocación, la tesis considera que la mezcla tenga una consistencia plástica (120 mm).

- 2 Materiales.
 - 2.1 Cemento.

Marca del cemento : Pacasmayo.

Tipo de cemento : Portland compuesto. Tipo ICo (NTP 334.090, ASTM C1157).

Peso específico del cemento 3,02

Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días de fabricado, en kg/cm² 341
 - 2.2 Agua.

Potable, de la red de servicio público de la ciudad.
 - 2.3 Agregado fino.

Masa por unidad de volumen del agregado fino seco compactado, en kg/m³ 1793

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,72

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2709

Absorción, en porcentaje 0,5
 - 2.4 Agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado, en milímetros 25

Masa por unidad de volumen del agregado grueso seco compactado, en kg/m³ 1591

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) 2,51

Densidad aparente o peso específico corriente, en kg/m³ 2503

Absorción, en porcentaje 0,6

- 3 Determinación de la relación óptima de la mezcla de los agregados.
Se hicieron mezclas de los agregados en los porcentajes que se señalan y en cada mezcla se determinó la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) compactada, en kg/m³.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso unitario compactado en kg/m ³
35 %	65 %	1838 kg/m ³
40 %	60 %	1910 kg/m ³

45 %	55 %	1860 kg/m ³
50 %	50 %	1877 kg/m ³
55 %	45 %	1903 kg/m ³
60 %	40 %	1875 kg/m ³

Seguidamente se determinó el peso específico corriente o aparente (en kg/m³) de cada una de las mezclas anteriores, aplicando la siguiente ecuación:

$$PEC_m = [(PEC_{AF} \times \% AF) + (PEC_{AG} \times \% AG)] / 100$$

$$PEC_{(35:65)} = 2575 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(50:50)} = 2606 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(40:60)} = 2585 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(55:45)} = 2616 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(45:55)} = 2596 \text{ kg/m}^3$$

$$PEC_{(60:40)} = 2626 \text{ kg/m}^3$$

Con la serie de valores obtenidos anteriormente para cada una de las mezclas de los agregados, se determinó los porcentajes de vacíos, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de vacío} = [(PEC_m - PUC_m) \times 100] / PEC_m$$

$$\% V_{(35:65)} = 28,60 \%$$

$$\% V_{(50:50)} = 27,97 \%$$

$$\% V_{(40:60)} = 26,14 \%$$

$$\% V_{(55:45)} = 27,28 \%$$

$$\% V_{(45:55)} = 28,34 \%$$

$$\% V_{(60:40)} = 28,63 \%$$

Tabulando los resultados anteriores se observa con facilidad cual es la relación óptima de la mezcla de los agregados.

Porcentaje de agregado fino	Porcentaje de agregado grueso	Peso específico corriente	Peso unitario compactado	Porcentaje de vacíos
35 %	65 %	2575 kg/m ³	1838 kg/m ³	28,60 %
40 %	60 %	2585 kg/m ³	1910 kg/m ³	26,14 %
45 %	55 %	2596 kg/m ³	1860 kg/m ³	28,34 %
50 %	50 %	2606 kg/m ³	1877 kg/m ³	27,97 %
55 %	45 %	2616 kg/m ³	1903 kg/m ³	27,28 %
60 %	40 %	2626 kg/m ³	1875 kg/m ³	28,63 %

La relación óptima es la de 40:60; relación con la que se tiene el mayor peso unitario compactado y el menor por ciento de vacío.

4	Determinación experimental de la cantidad de agua para un revenimiento de 120 mm.	
	Cantidad de agua, en kg/m ³	237
	Cantidad de cemento empleado, en kg/m ³	425
	Relación agua – cemento	0,56
	Además, para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	Valor del coeficiente V	0,2518
5	Característica “A” del agregado grueso obtenida por el método FÍSICO – MATEMÁTICO.	
	Valor de la característica “A”	0,5161
6	Determinación de la dosificación del concreto deseado.	
	$V = [(R_h / R_c \times A) - M_2] / M_1$	
	Resistencia a la rotura por compresión deseada, en kg/cm ²	245
	Valor de la característica “A”	0,5161
	Resistencia del cemento, en kg/cm ²	341
	Para un revenimiento de 120 milímetros, se tiene:	
	Valor del coeficiente M ₁	3,9011
	Valor del coeficiente M ₂	0,3780
	El nuevo valor del coeficiente “V”, es:	
	Valor del coeficiente V	0,2600
	Con este valor de “V”, obtenemos la nueva relación agua – cemento, el cual es:	
	Nueva relación agua – cemento (w)	0,55
	Cantidad de cemento necesario, en kg/m ³	431
	Conocidos la cantidad de agua y cemento necesarios para obtener la resistencia del concreto planificado, se calculó la cantidad de agregado fino y agregado grueso para 1 m ³ de concreto, aplicando la siguiente ecuación:	
	$V_C + V_{AGUA} + V_{AG} + V_{VACÍO} = 1000 \text{ L}$	
	$V_{AG} = 1000 - [(C/\gamma_C) + V_{AGUA} + V_{VACÍO}]$	
	Volumen de vacíos en la mezcla de concreto, en porcentaje	2,0
	Volumen de agregados, en L	600,3
	Agregado fino en la mezcla, en porcentaje	40
	Agregado grueso en la mezcla, en porcentaje	60
	Masa total de los agregados, en kg	1554,8

Proporciones del concreto	En masa (kg)	En volumen absoluto (L)
Cemento Extraforte. Tipo ICo	430,9	142,7
Agua	237,0	237,0
Agregado fino	621,9	228,6
Agregado grueso	932,9	371,7
Total	2222,7	980,0

Anexo 22

Medida del esfuerzo a la compresión
de muestras cilíndricas de concreto

Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	33838	191	28	Ninguno	Corte	12,72
02	15 30	33850	186	28	Ninguno	Corte	12,96
03	15 30	33924	192	28	Ninguno	Columnar	12,76
04	15 30	34487	195	28	Ninguno	Columnar	12,74
05	15 30	34400	195	28	Ninguno	Corte	12,82
06	15 30	32324	183	28	Ninguno	Corte	12,78
07	15 30	33558	190	28	Ninguno	Corte	12,96
08	15 30	33709	191	28	Ninguno	Columnar	12,96
09	15 30	32750	185	28	Ninguno	Columnar	12,76
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	43526	246	28	Ninguno	Corte	12,72
02	15 30	42359	240	28	Ninguno	Corte	13,00
03	15 30	42477	240	28	Ninguno	Corte	12,84
04	15 30	42640	241	28	Ninguno	Corte	13,00
05	15 30	43331	245	28	Ninguno	No visto	12,98
06	15 30	42912	243	28	Ninguno	Corte	12,82
07	15 30	42977	243	28	Ninguno	Corte	12,72
08	15 30	43875	248	28	Ninguno	Corte	12,82
09	15 30	42753	242	28	Ninguno	Corte	12,78
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	52521	297	28	Ninguno	Corte	12,84
02	15 30	52655	298	28	Ninguno	Corte	13,06
03	15 30	54497	308	28	Ninguno	No visto	12,82
04	15 30	50851	288	28	Ninguno	Corte	12,84
05	15 30	52640	298	28	Ninguno	No visto	12,98
06	15 30	54052	306	28	Ninguno	Corte	12,98
07	15 30	53078	300	28	Ninguno	Corte	12,74
08	15 30	54108	306	28	Ninguno	Corte	13,06
09	15 30	53786	304	28	Ninguno	No visto	12,80
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	62244	352	28	Ninguno	Corte	13,08
02	15 30	63144	357	28	Ninguno	Corte	12,96
03	15 30	62907	356	28	Ninguno	Corte	12,78
04	15 30	62147	352	28	Ninguno	Corte	12,82
05	15 30	62498	354	28	Ninguno	Corte	12,80
06	15 30	62369	353	28	Ninguno	Corte	12,74
07	15 30	62422	353	28	Ninguno	Corte	12,84
08	15 30	61523	348	28	Ninguno	No visto	12,82
09	15 30	62067	351	28	Ninguno	Columnar	13,06
10							

Anexo 23

Medida del esfuerzo a la compresión
de muestras cilíndricas de concreto

Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de
concreto con baja consistencia" para un revenimiento de
diseño de 100 mm y resistencias especificadas de
140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO (NTP 339.034)

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	31272	177	28	Ninguno	No visto	12,96
02	15 30	31913	181	28	Ninguno	No visto	12,98
03	15 30	33598	190	28	Ninguno	Corte	12,78
04	15 30	33009	187	28	Ninguno	Cono y separación	12,70
05	15 30	31849	180	28	Ninguno	No visto	12,92
06	15 30	32512	184	28	Ninguno	Cono y separación	12,72
07	15 30	33091	187	28	Ninguno	No visto	13,00
08	15 30	33433	189	28	Ninguno	Cono y separación	12,82
09	15 30	31468	178	28	Ninguno	Cono y separación	12,94
10	15 30	32320	183	28	Ninguno	Cono y separación	12,94

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	32534	184	28	Ninguno	No visto	12,94
12	15 30	32337	183	28	Ninguno	Cono y separación	12,74
13	15 30	31805	180	28	Ninguno	Cono y separación	12,72
14	15 30	31913	181	28	Ninguno	No visto	12,78
15	15 30	31248	177	28	Ninguno	Cono y separación	12,76
16	15 30	31804	180	28	Ninguno	Cono y separación	12,74
17	15 30	34548	196	28	Ninguno	Corte	12,78
18	15 30	32238	182	28	Ninguno	No visto	12,76
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	36022	204	28	Ninguno	Cono y separación	12,80
02	15 30	35666	202	28	Ninguno	Columnar	12,82
03	15 30	35773	202	28	Ninguno	Corte	12,76
04	15 30	36260	205	28	Ninguno	Cono y separación	12,82
05	15 30	36113	204	28	Ninguno	Corte	12,96
06	15 30	36488	207	28	Ninguno	Columnar	12,78
07	15 30	35770	202	28	Ninguno	Cono y separación	13,02
08	15 30	35676	202	28	Ninguno	No visto	12,96
09	15 30	35647	202	28	Ninguno	No visto	12,94
10	15 30	35649	202	28	Ninguno	No visto	13,00

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	35301	200	28	Ninguno	No visto	13,02
12	15 30	35874	203	28	Ninguno	Corte	12,84
13	15 30	36822	208	28	Ninguno	Cono y separación	13,08
14	15 30	35088	199	28	Ninguno	Corte	12,84
15	15 30	36112	204	28	Ninguno	No visto	12,78
16	15 30	36368	206	28	Ninguno	No visto	12,82
17	15 30	36171	205	28	Ninguno	Corte	12,86
18	15 30	36462	206	28	Ninguno	Corte	12,78
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	46602	264	28	Ninguno	No visto	12,74
02	15 30	49126	278	28	Ninguno	Corte	12,76
03	15 30	49027	277	28	Ninguno	Columnar	12,76
04	15 30	48836	276	28	Ninguno	Corte	12,96
05	15 30	48168	273	28	Ninguno	Corte	12,76
06	15 30	48556	275	28	Ninguno	No visto	12,88
07	15 30	48349	274	28	Ninguno	Corte	13,02
08	15 30	48087	272	28	Ninguno	Corte	13,00
09	15 30	47335	268	28	Ninguno	No visto	12,76
10	15 30	49179	278	28	Ninguno	Corte	12,78

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	49142	278	28	Ninguno	No visto	12,98
12	15 30	46340	262	28	Ninguno	No visto	12,80
13	15 30	48125	272	28	Ninguno	No visto	12,94
14	15 30	49436	280	28	Ninguno	Columnar	12,92
15	15 30	46795	265	28	Ninguno	No visto	12,74
16	15 30	49729	281	28	Ninguno	Corte	12,78
17	15 30	49639	281	28	Ninguno	Corte	12,74
18	15 30	48833	276	28	Ninguno	Cono y separación	12,78
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	51235	290	28	Ninguno	Cono y separación	12,66
02	15 30	51814	293	28	Ninguno	No visto	13,04
03	15 30	51823	293	28	Ninguno	Columnar	12,84
04	15 30	54426	308	28	Ninguno	Corte	12,94
05	15 30	55657	315	28	Ninguno	Corte	12,76
06	15 30	53601	303	28	Ninguno	Cono	12,90
07	15 30	55270	313	28	Ninguno	Corte	12,78
08	15 30	54807	310	28	Ninguno	No visto	12,72
09	15 30	54808	310	28	Ninguno	Cono y separación	12,80
10	15 30	56766	321	28	Ninguno	Corte	12,78

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	56016	317	28	Ninguno	No visto	12,88
12	15 30	51036	289	28	Ninguno	Cono y separación	12,96
13	15 30	56145	318	28	Ninguno	Cono y separación	12,80
14	15 30	53849	305	28	Ninguno	Corte	12,74
15	15 30	53508	303	28	Ninguno	No visto	12,78
16	15 30	56834	322	28	Ninguno	No visto	12,72
17	15 30	54605	309	28	Ninguno	Corte	12,90
18	15 30	54435	308	28	Ninguno	Corte	12,74
19							
20							

Anexo 24

Medida del esfuerzo a la compresión
de muestras cilíndricas de concreto

Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	37864	214	28	Ninguno	No visto	12,76
02	15 30	38352	217	28	Ninguno	No visto	12,70
03	15 30	38323	217	28	Ninguno	No visto	12,66
04	15 30	38507	218	28	Ninguno	No visto	12,88
05	15 30	38883	220	28	Ninguno	No visto	12,92
06	15 30	38914	220	28	Ninguno	No visto	12,68
07	15 30	38505	218	28	Ninguno	No visto	12,90
08	15 30	38165	216	28	Ninguno	No visto	12,96
09	15 30	38828	220	28	Ninguno	No visto	12,80
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	44490	252	28	Ninguno	Corte	12,54
02	15 30	44829	254	28	Ninguno	Corte	12,92
03	15 30	44895	254	28	Ninguno	Corte	12,72
04	15 30	45525	258	28	Ninguno	Corte	12,86
05	15 30	44906	254	28	Ninguno	Corte	12,92
06	15 30	44274	251	28	Ninguno	Cono y separación	12,88
07	15 30	44374	251	28	Ninguno	Corte	12,70
08	15 30	44197	250	28	Ninguno	Corte	12,74
09	15 30	44011	249	28	Ninguno	Corte	12,64
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	53672	304	28	Ninguno	Cono y separación	12,78
02	15 30	53301	302	28	Ninguno	Cono y separación	12,90
03	15 30	53793	304	28	Ninguno	Cono y separación	12,70
04	15 30	54148	306	28	Ninguno	Corte	12,68
05	15 30	53230	301	28	Ninguno	Corte	12,88
06	15 30	53532	303	28	Ninguno	Corte	12,92
07	15 30	54116	306	28	Ninguno	Cono y separación	12,88
08	15 30	53142	301	28	Ninguno	Corte	12,62
09	15 30	54052	306	28	Ninguno	Corte	12,68
10							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	59860	339	28	Ninguno	Columnar	12,72
02	15 30	59047	334	28	Ninguno	Corte	13,00
03	15 30	59035	334	28	Ninguno	Corte	13,10
04	15 30	59034	334	28	Ninguno	Corte	12,78
05	15 30	59570	337	28	Ninguno	Corte	12,96
06	15 30	59573	337	28	Ninguno	Corte	12,88
07	15 30	58756	332	28	Ninguno	Corte	12,80
08	15 30	59023	334	28	Ninguno	Corte	12,62
09	15 30	58775	333	28	Ninguno	Corte	12,80
10							

Anexo 25

Medida del esfuerzo a la compresión
de muestras cilíndricas de concreto

Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de
concreto con baja consistencia" para un revenimiento de
diseño de 120 mm y resistencias especificadas de
140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	30397	172	28	Ninguno	Corte	12,70
02	15 30	30889	175	28	Ninguno	Corte	12,66
03	15 30	30254	171	28	Ninguno	No visto	12,82
04	15 30	30930	175	28	Ninguno	Columnar	12,72
05	15 30	31106	176	28	Ninguno	No visto	12,66
06	15 30	32185	182	28	Ninguno	Corte	12,94
07	15 30	30588	173	28	Ninguno	Corte	12,92
08	15 30	30276	171	28	Ninguno	Columnar	12,64
09	15 30	31206	177	28	Ninguno	No visto	12,62
10	15 30	30022	170	28	Ninguno	No visto	12,90

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	32565	184	28	Ninguno	No visto	12,84
12	15 30	31464	178	28	Ninguno	Corte	12,96
13	15 30	32708	185	28	Ninguno	No visto	12,68
14	15 30	31433	178	28	Ninguno	No visto	12,72
15	15 30	31892	181	28	Ninguno	Columnar	12,94
16	15 30	31782	180	28	Ninguno	Corte	12,72
17	15 30	33008	187	28	Ninguno	Corte	12,72
18	15 30	30868	175	28	Ninguno	Columnar	12,66
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	37915	215	28	Ninguno	Corte	12,70
02	15 30	37076	210	28	Ninguno	Corte	12,70
03	15 30	38265	217	28	Ninguno	Corte	12,70
04	15 30	37185	210	28	Ninguno	Corte	12,70
05	15 30	37503	212	28	Ninguno	Corte	12,88
06	15 30	36622	207	28	Ninguno	Columnar	12,76
07	15 30	37990	215	28	Ninguno	No visto	12,88
08	15 30	36723	208	28	Ninguno	Corte	12,74
09	15 30	37460	212	28	Ninguno	Corte	12,94
10	15 30	37733	214	28	Ninguno	Corte	12,90

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	37693	213	28	Ninguno	Corte	12,90
12	15 30	37592	213	28	Ninguno	Corte	12,84
13	15 30	37884	214	28	Ninguno	Corte	12,84
14	15 30	37414	212	28	Ninguno	Cono y corte	12,74
15	15 30	38762	219	28	Ninguno	Corte	12,68
16	15 30	38439	218	28	Ninguno	Corte	12,72
17	15 30	38172	216	28	Ninguno	No visto	12,74
18	15 30	37542	212	28	Ninguno	Corte	12,70
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	46857	265	28	Ninguno	Corte	12,80
02	15 30	48374	274	28	Ninguno	No visto	12,76
03	15 30	48308	273	28	Ninguno	Corte	12,76
04	15 30	48065	272	28	Ninguno	Cono y separación	12,76
05	15 30	46488	263	28	Ninguno	Cono y separación	12,70
06	15 30	47192	267	28	Ninguno	Cono y separación	12,94
07	15 30	47232	267	28	Ninguno	Cono y separación	12,74
08	15 30	47267	268	28	Ninguno	Cono y separación	12,96
09	15 30	48479	274	28	Ninguno	Corte	12,90
10	15 30	46697	264	28	Ninguno	Cono y separación	12,86

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	47473	269	28	Ninguno	Corte	12,92
12	15 30	47555	269	28	Ninguno	Corte	12,84
13	15 30	47838	271	28	Ninguno	Cono y separación	12,82
14	15 30	48426	274	28	Ninguno	Corte	12,70
15	15 30	48691	276	28	Ninguno	No visto	12,76
16	15 30	48116	272	28	Ninguno	Corte	12,72
17	15 30	46748	265	28	Ninguno	Cono y separación	12,92
18	15 30	49479	280	28	Ninguno	Cono y separación	12,80
19							
20							

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
01	15 30	51885	294	28	Ninguno	Corte	12,70
02	15 30	53659	304	28	Ninguno	Corte	12,70
03	15 30	52232	296	28	Ninguno	Corte	12,94
04	15 30	51952	294	28	Ninguno	Corte	12,76
05	15 30	52322	296	28	Ninguno	Corte	12,92
06	15 30	52064	295	28	Ninguno	Cono y separación	12,74
07	15 30	50924	288	28	Ninguno	Corte	12,74
08	15 30	52273	296	28	Ninguno	Corte	12,96
09	15 30	51361	291	28	Ninguno	Corte	12,72
10	15 30	51748	293	28	Ninguno	Cono y separación	12,72

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS
 CILÍNDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 339.034)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Número de probeta	Diámetro y longitud de la probeta (cm)	Carga máxima registrada (kg)	Resistencia a la rotura (kg/cm ²)	Edad de ensayo de la probeta (días)	Defectos en la probeta	Tipo de fractura registrada	Masa de la muestra sin capa terminada (kg)
11	15 30	52111	295	28	Ninguno	Cono y separación	13,00
12	15 30	51161	290	28	Ninguno	Cono y separación	12,62
13	15 30	52686	298	28	Ninguno	Corte	12,78
14	15 30	52136	295	28	Ninguno	Cono y separación	12,88
15	15 30	51103	289	28	Ninguno	No visto	12,68
16	15 30	53710	304	28	Ninguno	Cono y separación	12,70
17	15 30	51794	293	28	Ninguno	Cono y separación	12,86
18	15 30	54375	308	28	Ninguno	Corte	12,90
19							
20							

Anexo 26

Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido
Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO (NTP 339.187)

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2013,0	1889,5		1951,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2143,0	1999,5		2071,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2145,0	2003,0		2074,0
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1230,0	1148,0		1189,0
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,5	5,8		6,1
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,6	6,0		6,3
Densidad seca, en Mg/m ³	2,20	2,21		2,20
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,34	2,34		2,34
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,34	2,34		2,34
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,57	2,55		2,56
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,4	13,3		13,9

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO (NTP 339.187)

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	1975,5	2059,0		2017,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2101,0	2200,0		2150,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2103,0	2200,5		2151,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1190,0	1244,0		1217,0
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,4	6,8		6,6
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,5	6,9		6,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,16	2,15		2,16
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,30	2,30		2,30
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,30	2,30		2,30
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,51	2,53		2,52
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,0	14,8		14,4

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO (NTP 339.187)

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2122,0	1941,0		2031,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2259,0	2065,5		2162,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2260,0	2070,0		2165,0
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1280,0	1165,5		1222,8
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,5	6,4		6,4
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,5	6,6		6,6
Densidad seca, en Mg/m ³	2,17	2,15		2,16
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,31	2,28		2,29
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,31	2,29		2,30
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,52	2,50		2,51
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,1	14,3		14,2

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2012,5	2133,0		2072,8
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2123,0	2243,0		2183,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2123,5	2244,0		2183,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1200,5	1266,5		1233,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	5,5	5,2		5,3
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	5,5	5,2		5,4
Densidad seca, en Mg/m ³	2,18	2,18		2,18
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,30	2,29		2,30
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,30	2,30		2,30
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,48	2,46		2,47
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	12,0	11,4		11,7

Anexo 27

Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido
Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 100 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	1849,0	2107,0		1978,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	1967,5	2248,0		2107,8
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	1970,5	2251,0		2110,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1135,0	1291,0		1213,0
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,4	6,7		6,6
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,6	6,8		6,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,21	2,19		2,20
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,35	2,34		2,35
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,36	2,34		2,35
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,59	2,58		2,59
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,5	15,0		14,8

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	1809,0	2149,5		1979,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	1932,0	2283,5		2107,8
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	1934,5	2284,5		2109,5
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1103,5	1303,5		1203,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,8	6,2		6,5
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,9	6,3		6,6
Densidad seca, en Mg/m ³	2,18	2,19		2,18
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,32	2,33		2,33
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,33	2,33		2,33
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,56	2,54		2,55
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	15,1	13,8		14,4

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	1946,5	1960,5		1953,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2062,0	2062,5		2062,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2062,5	2063,0		2062,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1176,0	1190,0		1183,0
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	5,9	5,2		5,6
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,0	5,2		5,6
Densidad seca, en Mg/m ³	2,20	2,25		2,22
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,33	2,36		2,34
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,33	2,36		2,34
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,53	2,54		2,54
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	13,1	11,7		12,4

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 100 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2053,5	2091,5		2072,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2186,0	2195,0		2190,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2186,5	2195,5		2191
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1236,0	1261,0		1248,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,5	4,9		5,7
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,5	5,0		5,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,16	2,24		2,20
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,30	2,35		2,32
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,30	2,35		2,32
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,51	2,52		2,52
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,0	11,1		12,6

Anexo 28

Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido
Técnica de diseño "Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	1911,5	2025,0		1968,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2048,5	2148,5		2098,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2051,0	2150,		2100,5
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1155,0	1222,0		1188,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	7,2	6,1		6,6
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	7,3	6,2		6,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,13	2,18		2,16
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,29	2,32		2,30
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,29	2,32		2,30
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,53	2,52		2,52
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	15,6	13,5		14,5

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2000,0	1796,0		1898,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2142,0	1932,0		2037,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2142,0	1934,5		2038,3
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1198,0	1074,0		1136,0
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	7,1	7,6		7,3
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	7,1	7,7		7,4
Densidad seca, en Mg/m ³	2,12	2,09		2,10
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,27	2,25		2,26
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,27	2,25		2,26
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,49	2,49		2,49
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	15,0	16,1		15,6

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2086,0	1928,0		2007,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2239,5	2083,0		2161,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2240,0	2083,5		2161,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1244,0	1153,0		1198,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	7,4	8,0		7,7
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	7,4	8,1		7,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,09	2,07		2,08
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,25	2,24		2,24
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,25	2,24		2,24
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,48	2,49		2,48
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	15,5	16,7		16,1

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2192,0	2033,0		2112,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2320,0	2160,0		2240,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2321,5	2167,0		2244,3
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	130,5	1213,0		1260,8
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	5,8	6,2		6,0
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	5,9	6,6		6,2
Densidad seca, en Mg/m ³	2,16	2,13		2,15
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,29	2,26		2,28
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,29	2,27		2,28
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,48	2,48		2,48
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	12,8	14,0		13,4

Anexo 29

Medida de la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en hormigón (concreto) endurecido
Técnica de diseño "Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia" para un revenimiento de diseño de 120 mm y resistencias especificadas de 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO (NTP 339.187)

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 140 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2069,0	1850,0		1959,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2186,0	1942,0		2064,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2188,5	1943,0		2065,8
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1263,0	1133,5		1198,3
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	5,7	5,0		5,3
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	5,8	5,0		5,4
Densidad seca, en Mg/m ³	2,24	2,29		2,26
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,36	2,40		2,38
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,36	2,40		2,38
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,57	2,58		2,57
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	12,9	11,5		12,2

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 175 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2174,5	1930,5		2052,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2316,5	2063,0		2189,8
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2317,5	2063,5		2190,5
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1305,0	1160,0		1232,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,5	6,9		6,7
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,6	6,9		6,7
Densidad seca, en Mg/m ³	2,15	2,14		2,14
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,29	2,28		2,29
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,29	2,28		2,29
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,50	2,51		2,50
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	14,1	14,7		14,4

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 210 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2029,0	2063,5		2046,3
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2148,0	2175,0		2161,5
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2148,5	2176,5		2162,5
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1219,0	1238,0		1228,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	5,9	5,4		5,6
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	5,9	5,5		5,7
Densidad seca, en Mg/m ³	218	2,20		2,19
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,31	2,32		2,31
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,31	2,32		2,32
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,50	2,50		2,50
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	12,9	12,0		12,4

Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Escuela profesional de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” y técnicas de diseño “Vitervo A. O’Reilly Díaz”.

Tesista : Bach. Jaime Eduardo Azang García.

Asesor : Dr. Ing. Serbando Soplopuco Quiroga.

Co – asesor : Dr. Sc. Ing. Vitervo A. O’Reilly Díaz.

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE VACÍOS
 EN EL HORMIGÓN (CONCRETO) ENDURECIDO
 (NTP 339.187)**

Técnica aplicada : Método para dosificar mezcla de concreto con baja consistencia
 (Método de Vitervo A. O’Reilly Díaz).

Revenimiento : 120 milímetros, medido en el CONO DE ABRAMS.

Calidad del concreto : 245 kg/cm².

Determinación N°	01	02	03	Promedio
Masa de la muestra seca, en gramos	2040,5	2049,5		2045,0
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión, en gramos	2163,5	2170,0		2166,8
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, después de la inmersión y hervido, en gramos	2163,5	2170,5		2167,0
Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido, en gramos	1220,0	1225,0		1222,5
Absorción después de la inmersión, en porcentaje	6,0	5,9		6,0
Absorción después de la inmersión y hervido, en porcentaje	6,0	5,9		6,0
Densidad seca, en Mg/m ³	2,16	2,17		2,17
Densidad después de la inmersión, en Mg/m ³	2,29	2,30		2,29
Densidad después de la inmersión y hervido, en Mg/m ³	2,29	2,30		2,29
Densidad aparente, en Mg/m ³	2,49	2,49		2,49
Volumen de poros permeables (vacíos), en porcentaje	13,0	12,8		12,9

Anexo 30

Fotografías de las partículas de agregado grueso de la cantera "Tioyacu" de tamaños 25 mm, 19 mm, 12,5 mm y 9,5 mm en posición 1 y 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso



Fotografía 2: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 25 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 3: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 25 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 19 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas " ϕ " y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 19 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 12,5 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 7: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 12,5 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 8: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 9,5 mm de tamaño en posición 1 para la determinación de las características de formas " ϕ " y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 9: Partículas de agregado grueso de la cantera de cerro "Tioyacu" de 9,5 mm de tamaño en posición 2 para la determinación de las características de formas "ø" y "P" para determinar la característica "A" del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.