

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**INFLUENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS, EN EL PROCESO DE  
FRAGUADO DE CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL  
DISTRITO DE JOSÉ DOMINGO CHOQUEHUANCA-AZÁNGARO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**OSCAR ALBERTO CATACORA CCAMA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO, PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**TESIS**

**INFLUENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS, EN EL PROCESO DE  
FRAGUADO DE CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL  
DISTRITO DE JOSÉ DOMINGO CHOQUEHUANCA-AZÁNGARO**

**PRESENTADA POR:**

**OSCAR ALBERTO CATACTORA CCAMA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:**

**PRESIDENTE**



.....

**Dr. EDUARDO FLORES CONDORI**

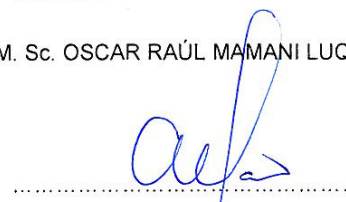
**PRIMER MIEMBRO**



.....

**M. Sc. OSCAR RAÚL MAMANI LUQUE**

**SEGUNDO MIEMBRO**



.....

**Mg. ROBERTO ALFARO ALEJO**

**DIRECTOR DE TESIS**



.....

**Dr. GERMÁN BELIZARIO QUISPE**

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología**

**TEMA: Control de operaciones en la construcción**

**LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural**

## DEDICATORIA

A mis padres Simón Catacora e Inés Ccama, y a mi esposa Dina Pocohuanca por su apoyo incondicional porque ellos son ejemplo para que uno con sufrimiento, empeño y perseverancia consiga su objetivo y gracias a su paciencia y humildad me llevo hacia el camino de mi profesión.

A mis amigos de tertulia y café diario, en etapa de estudiante: Percy, Edith, Cesar, Nardy, Jorge. Son una fuente de alegría y optimismo.

A mis hijos Joel y Josué, que son el motor de mi vida, sin los cuales no tendría razón el trabajar y trazar metas y objetivos. A Carmen Rosa por darle una nueva razón de seguir con nuevos retos.

A mi hermano Carlos, quien fue un ejemplo para mí, para seguir el camino hacia el futuro, también agradezco por su apoyo moral y material para cumplir con mi objetivo profesional.

*Oscar Alberto Catacora Ccama*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios al que debo todo lo que soy, lo que tengo, por darme la oportunidad de seguir esta carrera y poner en mi camino, personas que forjaron en mí, la formación de un servidor como profesional.

Al personal académico y no académico de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, que han contribuido y transcurrido con nuestra formación profesional.

A los señores jurados del presente trabajo de tesis: Dr. Eduardo Flores Condori, M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque y Mg. Roberto Alfaro Alejo quienes han contribuido en la mejora constante del presente trabajo por la revisión meticoloso de la tesis desde el perfil del proyecto hasta la presentación final.

Al señor Dr. Germán Belizario Quispe director de la Tesis por su dirección permanente en la calidad del planteamiento y fundamentación del tema, presentación de los resultados y el informe final de la investigación y por su asesoramiento en la fase del trámite administrativo y del propio trabajo.

A todos, mi más profundo agradecimiento.

**El Autor.**

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	3
1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN. ....	4
<b>1.2.1 Problema general.</b> .....	4
<b>1.2.2 Problemas específicos.</b> .....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	4
1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
<b>1.4.1 Antecedentes o estudios previos</b> .....	5
1.5 RETRACCIÓN DEL CONCRETO .....	6
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	8
<b>1.6.1 Objetivo general</b> .....	8
<b>1.6.2 Objetivos específicos</b> .....	8
1.7 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	9
<b>1.7.1 Hipótesis general.</b> .....	9
<b>1.7.2 Hipótesis específicas.</b> .....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 MATERIALES Y SU COMPOSICIÓN DEL CONCRETO.....	10

2.2	CEMENTOS.....	10
2.1.1	Cemento portland .....	11
2.1.2	Materias primas del cemento portland .....	11
2.1.3	Proceso de fabricación.....	12
2.1.4	Composición química del cemento portland IP .....	14
2.1.5	Propiedades de los compuestos principales.....	15
2.1.6	Tipos de cementos.....	16
2.1.7	Los cementos en el Perú.....	18
2.1.8	Relación de resistencia del cemento utilizado con los demás tipos cemento.....	23
2.1.9	Normas técnicas peruanas de cementos. ....	24
2.2	AGREGADOS PARA EL CONCRETO .....	26
2.2.1	Importancia.....	27
2.2.2	Definiciones.....	27
2.2.3	Clasificación.....	29
2.2.4	Funciones del agregado .....	31
2.2.5	Propiedades del agregado.....	32
2.2.7	Normas y requisitos de los agregados para el concreto. ....	36
2.2.8	El agregado global (NTP 400.037).....	41
2.2.9	Agregado grueso. ....	48
2.3	AGUA UTILIZADA.....	53
2.3.1	Requisitos de calidad. ....	53
2.3.2	Efectos de las sustancias disueltas: .....	54
2.3.3	Ocurrencias en la utilización de aguas no potables.....	55
2.3.4	Aguas prohibidas.....	57
2.3.5	Requisitos del comité 318 del ACI. ....	58
2.3.6	Efectos de las impurezas en el agua. ....	58
2.3.7	Muestreo.....	59
2.3.8	Ensayos. ....	60

2.3.9	<b>Normas técnicas peruanas para el agua del concreto.</b>	<b>60</b>
2.4	<b>ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DE AGREGADO GLOBAL.</b>	<b>61</b>
2.4.1	<b>Descripción del método.</b>	<b>63</b>
2.4.2	<b>Límites del módulo de finura.</b>	<b>64</b>
2.4.3	<b>Concreto con agregado global.</b>	<b>65</b>
2.4.4	<b>Diseño y dosificación.</b>	<b>65</b>
2.5	<b>COBERTURAS ORGANICAS</b>	<b>66</b>
2.5.1	<b>Paja o Ichu</b>	<b>66</b>
2.5.2	<b>Estiercol.</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>69</b>
<b>METODOLOGÍA</b>		<b>69</b>
3.1.	<b>AMBITO DE ESTUDIO.</b>	<b>69</b>
3.2.	<b>VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>69</b>
3.2.1.	<b>Variables independiente (Xi).</b>	<b>69</b>
3.2.2.	<b>Variable dependiente (Yi).</b>	<b>69</b>
3.2.3.	<b>Operacionalización de variables.</b>	<b>70</b>
3.3.	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>76</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>76</b>
4.1	<b>DISEÑO DE MEZCLAS.</b>	<b>76</b>
4.1.1	<b>Método de diseño de mezcla.</b>	<b>76</b>
4.1.2	<b>Secuencia de diseño de mezcla para el concreto patrón.</b>	<b>77</b>
4.1.2.1	<b>Calculo de proporciones de los agregados para a/c 0.55.</b>	<b>77</b>
4.1.2.2	<b>Calculo de la cantidad de agua.</b>	<b>81</b>
4.1.3	<b>Resistencia a la compresión de diseños preliminares.</b>	<b>83</b>
4.1.4	<b>Granulometría del agregado global</b>	<b>87</b>
4.1.5	<b>Diseño de mezcla por el método del agregado global</b>	<b>90</b>
4.1.6	<b>Secuencia del diseño de mezclas paso a paso.</b>	<b>91</b>
4.1.7	<b>Diseño final con la cantidad óptima de agua</b>	<b>94</b>

4.2	COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN TIEMPOS FRIOS. ....	96
4.2.1	Aspectos generales del curado .....	98
4.2.2	Descripción de los curados de losas realizados. ....	100
4.2.3	Curado con guano de corral.....	101
4.2.4	Curado con paja o ichu (Intemperie). ....	102
4.2.5	Recomendaciones del curado óptimo para la utilización en superficies mayores como losas, pavimentos y otros (obra real). ....	103
4.3	EVALUACIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN EL PRESENTE AÑO.....	105
4.4	ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LOSAS CURADAS.....	106
4.4.1	Equipo de esclerómetro. ....	106
4.4.2	Losas (Ensayada con esclerómetro). ....	109
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>113</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>114</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>115</b>
	<b>ANEXOS. FOTOGRAFIAS</b> .....	<b>117</b>



## INDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
2.1 Composición de cemento	14
2.2 % de Resistencia de los diferentes tipos de cemento	23
2.3 Requisitos granulométricos para el agregado grueso	37
2.4 Requisitos granulométricos para el agregado fino	39
2.5 Porcentaje máximo de pérdida de masa (5 ciclos)	40
2.6 Granulometría del agregado global	41
2.7 Peso unitario compactado del agregado	43
2.8 Peso unitario suelto del agregado	44
2.9 Peso específico y absorción de agregado fino	45
2.10 Peso de agregado fino	45
2.11 Material que pasa la malla	46
2.12 Peso de agregado fino	47
2.13 Módulo de fineza	48
2.13 Peso unitario suelto	49
2.14 Peso unitario compacto del agregado	49
2.15 Peso específico y absorción de agregado grueso	50
2.16 Contenido de humedad del Agregado grueso	51
2.17 Análisis Granulométrico del agregado	51
2.18 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088	54
4.1 Concreto patrón rotura a los 7 días	78
4.2 Slump de la mezcla	79
4.3 Cálculo de los Peso Unitario Compactado P.U.C	80
4.4 Resultados de Slump según cantidad de agua en tandas de prueba	81
4.5 Resultados de Slump según cantidad de agua en tandas de prueba	82
4.6 Resultados de Slump según cantidad de agua en tandas de prueba	83
4.7 Resultados de la resistencia de pruebas	84
4.8 Resistencia a la compresión para $a/c = 0.45$	85

4.9	Granulometría del agregado	87
4.10	Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422) ensayos estándar de clasificación norma DIN	88
4.11	Diseño de mezclas	90
4.12	Cálculo de las proporciones de la mezcla por el método del agregado global	90
4.13	Diseño final con la cantidad óptimo de agua	95
4.14	Cálculo de las proporciones de la mezcla por el método del agregado global	95
4.15	Temperaturas en el mes de junio del 2015 a una altura de 3895 m.s.n.m	106
4.16	Sistematización de los datos y resultados	112

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
1.1 Agrietamiento por retracción plástica	6
2.1 % de Resistencia a la compresión del concreto	24
2.2 Curva granulométrica	47
2.3 Curva granulométrica del agregado	52
4.1 Peso unitario compactado del agregado global	80
4.2 Cantidad de agua de diseño	82
4.3 Cantidad de agua de diseño	82
4.4 Cantidad de agua de diseño	83
4.5 Resistencia a la compresión a los 7 días relación $a/c = 0.55$	84
4.6 Resistencia a la compresión para $a/c = 0.45$	85
4.7 Resistencia a la compresión a los 7 días relación $a/c = 0.55$ y $0.45$	86
4.8 Resistencia a la compresión a los 7 días relación $a/c = 0.55$ y $0.45$	87
4.9 Curva granulométrica	89
4.10 Curado de concreto fresco con estiércol de corral	102
4.11 Curado de concreto fresco con paja del altiplano	103
4.12 Losa de concreto protegido con estiércol del corral	104
4.13 Termómetro digital	104
4.14 Preparado de encofrado y mezclado de concreto para losa	105
4.15 Equipo de esclerómetro y tabla de conversión de lectura	109
4.16 Prueba de medición de las losas de concreto con equipo de esclerómetro	110
4.17 Prueba de medición de losas de concreto con equipo de esclerómetro en cada losa pero en sus 9 diferentes puntos	110

## RESUMEN

Evaluar el comportamiento del desarrollo del concreto en tiempos de helada a fin de plantear alternativas de solución para evitar el congelamiento del concreto en el distrito de José Domingo Choquehuanca – Azángaro, utilizando coberturas orgánicas con productos naturales de nuestra zona como el estiércol de animal doméstico y la paja. Las dificultades del vaciado del concreto en climas fríos son causadas principalmente por bajas temperaturas ambientales, y por no proteger al concreto del congelamiento afectando así a la calidad del concreto al exponer el tiempo de fraguado, reducir el desarrollo de resistencias e incrementar el potencial de agrietamiento por retracciones plásticas. Por lo que se propone como objetivo: determinar la influencia de coberturas orgánicas en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas. Se realizó un diseño de mezcla con el método de agregado global, luego el vaciado de tres grupos de muestras para cobertores orgánicos con estiércol, paja y al intemperie después de los 28 días se hizo los lanzamientos con esclerómetros. Todo los sistemas de curados fueron realizados en la intemperie y en los meses más fríos del año, esto para una mayor simulación con unas losas de concreto en obra real; y los resultados que se tiene de cada sistema de curado muestran diferencias en losas como en 2 losas cubiertas con estiércol de ovino, 2 losas cubiertas con paja y 1 losas expuesto a la intemperie con resistencias del concreto promedios de  $f'c = 215 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 197 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 168 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente para concretos de relación agua cemento 0.55 y 0.65.

**Palabras clave:** cobertores, fraguado, épocas de heladas.

## ABSTRACT

Evaluate the performance of concrete development in times of frost to suggest alternative solutions to prevent freezing of concrete in the district of Jose Domingo Choquehuanca - Azángaro using organic mulches with natural products of our area as manure pet, straw or ichu. The difficulties of concreting in cold weather are mainly caused by low temperatures and for failing to protect the concrete from freezing thus affecting the quality of the concrete to expose the setting time, reduce the development of resistance and increase the potential for cracking by plastic shrinkage. So it is proposed to determine the influence of organic mulches in the process of setting concrete in freezing weather. Mix design was performed using the method of global aggregates, then the dump of three groups of samples for organic blankets with manure, straw and weather and then launches after the Hammers took 28 days. All cured systems were conducted in the open and in the most frigid months of the year, this simulation for greater concrete slabs real work; and the results of each system has cured show differences in slabs as in 2 slabs coated with sheep manure, 2 slabs covered with straw and one exposed to the weather slabs with concrete strengths averages  $f_c = 215 \text{ kg / cm}^2$ ,  $f_c = 197 \text{ kg / cm}^2$  and  $f_c = 168 \text{ kg / cm}^2$  respectively for specific water cement ratio 0.55 and 0.65.

Keywords: blankets, setting, freezing weather.

## INTRODUCCIÓN

En el altiplano peruano el campo de la construcción de obras se ha masificado el uso de concreto, pero esta tecnología del uso del concreto tiene muchas deficiencias en nuestra región, porque las condiciones ambientales del altiplano no son los adecuados, esto indica que debemos tomar ciertos criterios técnicos para poder obtener los resultados esperados según los diseños de mezcla del concreto para estas condiciones ambientales.

Evaluar el comportamiento del desarrollo del concreto en tiempos de helada se plantea usar alternativas de solución para evitar el congelamiento del concreto en el distrito de José Domingo Choquehuanca – Azángaro, utilizando cobertores orgánicos aprovechando los productos naturales de la zona como el estiércol (guano) de animal doméstico entre vacunos, ovinos, auquénidos, equinos y animales menores, y la paja o ichu del altiplano. Las dificultades del vaciado del concreto en climas fríos son causadas principalmente por bajas temperaturas ambientales, estas condiciones requieren una protección del concreto fresco durante el proceso de desarrollo para evitar el congelamiento, a fin de esta condición no afecte la calidad del concreto al exponer el tiempo de fraguado a temperaturas muy bajas.

Las temperaturas bajas reducen las resistencias del concreto, reducir el desarrollo de resistencias e incrementar el potencial de agrietamiento por retracciones plásticas. En estas condiciones ambientales es necesario plantear alternativas para evitar estos riesgos naturales para la elaboración del concreto en obra.

Es necesario realizar un adecuado diseño de mezcla y en este caso se usó el método de agregados globales, y durante su desarrollo se utilizó cobertores orgánicos naturales como el estiércol del corral y paja del altiplano, considerando que estos productos no generen mayores gastos en la ejecución física de la obra al sustituir los aditivos artificiales. En esta materia es necesario realizar estudios

que puedan plantear y adecuar las tecnologías según las necesidades de los quienes participan en la ejecución de obras usando concretos.

El presente trabajo de investigación consta de cuatro capítulos; el primero presenta los problemas de investigación, justificación, antecedentes, objetivos e hipótesis de la investigación, el segundo exterioriza la revisión de literatura y normativa, el tercero muestra el ámbito de estudio y las metodologías seguidas durante la investigación y el cuarto presenta los resultados obtenidos por objetivos, y finalmente se consideran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En todas las obras de infraestructura, de nuestra zona altiplánica en épocas de helada el colocado de concreto en pavimentos rígidos o trabajos con concreto es un problema frecuente en obras públicas y privadas los se vienen presentando problemas de fisuras en la elaboración del concreto, debido básicamente al congelamiento producido por las heladas, lo que comúnmente se le conoce como el invierno altiplánico, comprendido entre los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio y parte del mes de Agosto, ya que en estos meses nuestra ciudad cuenta con temperaturas que varían durante las 24 horas del día desde  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hasta  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en todas las obras cuando se ejecutan losas, veredas, pavimentos rígidos el concreto no desarrolla resistencia óptimo debido a que, el concreto en su velocidad de hidratación se vuelve lento, se prolonga el tiempo de fraguado y en algunos casos se detiene, y posteriormente por estas bajas temperaturas se da lugar a contracciones y extensiones del concreto generando grietas, y si se ve más hacia el futuro todas estas causas no permiten que el concreto tenga una buena durabilidad.

Las dificultades del vaciado del concreto en climas fríos son causadas principalmente por bajas temperaturas ambientales, y por no proteger al concreto del congelamiento. Estas condiciones afectan la calidad del concreto al extender el tiempo de fraguado, reducir el desarrollo de resistencias e incrementar el potencial de agrietamiento por retracciones plásticas.

- a) **Concreto expuesto a climas fríos**, ellos conceptualizan como climas fríos, al periodo que durante 3 días consecutivos ocurren las siguientes condiciones:

La temperatura media diaria es de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura no excede a los  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante más de la mitad del tiempo en un lapso de 24 horas.



(Reporte ACI 306 Elaborado para el clima del Estado de Montana USA).

- b) **Concreto expuesto a climas cálido**, como cualquier periodo de alta temperatura en el cual se necesita tomar precauciones especiales para asegurar una apropiada manipulación, vaciado (colado), acabado y curado del concreto, (Reporte ACI 305).

## 1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.

### 1.2.1 Problema general.

¿De qué manera influyen las coberturas orgánicas en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo Choquehuanca-Azángaro?

### 1.2.2 Problemas específicos.

¿Porque el concreto no desarrolla resistencias óptimas en tiempos de heladas?

¿Cómo es el comportamiento del concreto durante el fraguado con el proceso de curado con guano de corral y paja?

¿Cuál de los materiales de la zona (estiércol y paja) son más recomendables para mejorar la resistencia con el proceso de curado del concreto?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Para iniciar cualquier estudio es necesario tomar en cuenta la importancia que tiene la estructura de análisis, su costo, su configuración y ver las posibles consecuencias que su falla provocaría; se debe entonces pensar en una investigación.

Sin embargo, las limitaciones que se presentaron durante el proceso de investigación es básicamente de tipo económico, porque requiere de materiales y espacio determinado para llevar a cabo dicha investigación. Además los modelos siempre son puntuales para cada fenómeno, puesto que cada prueba tiene sus propias particularidades en su geomorfología de

tratados de concreto, dosificación, agregados y colocado o transporte del concreto.

Asimismo, el estudio de evaluación del curado con manto protector de concreto es viable, ya que es necesario este tipo de estudios para poder plantear propuestas reales de calidad de concreto en ejecución de canales, bocatomas, puentes con vías peraltadas adecuadas que no generen alteración del comportamiento de agrietamiento ni fisuras en el concreto.

#### 1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El concreto después de ser vaciados debe ser protegido durante cierto tiempo a fin de evitar la desaparición del agua que contiene, se dice que esta evaporación es tanto más rápida cuanto más elevada sea la temperatura, la desecación tiene como consecuencia una hidratación mala del concreto de donde resulta bajas resistencias, formación de grietas en la superficie así como la formación de grietas profundas antes del fraguado.

##### 1.4.1 Antecedentes o estudios previos

De los productos naturales que se empleó en dicho informe no se conoce mucho, sólo se utilizaron en dos oportunidades, demostrando ligeramente el combatimiento de las heladas. La presión interna provocada por el aumento del volumen del agua al congelarse (cercano a un 9%) puede provocar destrucción irreparable (Czemin, 2001).

- En la primera se tiene referencias que en la ciudad de Juliaca se utilizó la **paja y totora** para cubrir una vez que el concreto fue vaciado la pista de aterrizaje, calle de rodaje, y zonas de parqueo de aviones del aeropuerto Manco Cápac en el año 2001, y demostrando ser la totora un magnifico aislante para emplearse en curado de concreto en los meses fríos (Condori, 2001).

La segunda se comenta que utilizaron **guano** para cubrir una vez vaciado las cunetas de la obra carretera Azángaro a San Antón por el año 2010, demostrando ser el guano muy bueno para combatir las heladas, por no presentar fisuramiento al término de la culminación de la obra (INTERSUR, 2010).

La empresa ICCSA utilizó para la construcción de 04 puentes en nuestro departamento, puente Independencia en Juliaca, puente Huacullani en Desaguadero, puente Vilque Mañazo, puente localizada en Lampa, todas estas ejecutadas en el año 2001 (ICCSA, 2001).

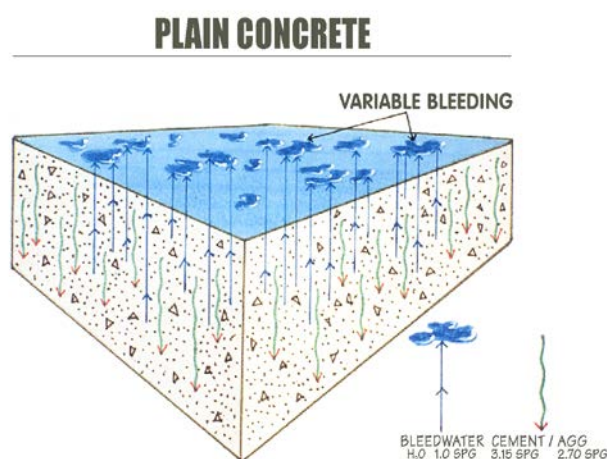
## 1.5 RETRACCIÓN DEL CONCRETO

### Agrietamiento por contracción o retracción plástica

Es una de las causas más frecuentes de cambios volumétricos y a la que se asocia muchas veces de manera injustificada problemas de fisuración, llamada con frecuencia contracción o retracción de fragua o de fraguado.

El agrietamiento por retracción plástica, tal como se muestra en la figura 1.14, es la formación de grietas superficiales que pueden producirse si la velocidad de evaporación es mayor que la exudación.

Exudación < evaporación = contracción por secado



**Grafico 1.1.-** Agrietamiento por retracción plástica (2005).

Fuente: Venuat, Michel (s/f) – Barcelona España

La contracción plástica se produce en el concreto fresco cuando el concreto este entre estado plástico y la finalización del fraguado inicial, que esto es aproximadamente de 3 horas, aquí es donde debemos de prevenir el tipo de curado que se empleara para evitar dicha contracción plástica, y si no se realiza dicha actividad se produce la contracción por secado produciéndose grietas y fisuraciones en el concreto, y así el concreto no tendrá buena durabilidad.

Las siguientes condiciones, solas o de manera colectiva, incrementa la evaporación del agua en la superficie y aumentan la posibilidad de agrietamiento por contracción plástica:

- Temperatura elevada del aire
- Humedad relativa baja
- Vientos fuertes.
- Temperatura elevada del concreto

No hay manera de predecir con certeza cuando van a ocurrir grietas por contracción plástica.

Medidas recomendadas para evitar el agrietamiento por contracción plástica.

Las siguientes acciones pueden evitar o reducir la posibilidad de agrietamientos por contracción plástica.

Humedecer, los agregados a utilizar para la fabricación del concreto que estén secos y sean absorbentes, se concluye que los agregados más densos y con baja absorción producen concretos con menor retracción.

Humedecer la subrasante y los encofrados. (Al humedecer la subrasante se disminuye la posibilidad de agrietamientos por contracción plástica, pero se aumenta la posibilidad de alabeo en losas).

Levantar rompevientos provisionales para reducir la velocidad del viento en la superficie del concreto.

Mantener baja la temperatura de los rayos del sol para reducir la temperatura en la superficie del concreto.

Mantener baja la temperatura del concreto fresco por medio del enfriamiento de los agregados y del agua de mezclado.

Inmediatamente después de la nivelación se puede aplicar con rocío algún retardante de evaporación, comúnmente polímeros, para retrasar la evaporación del agua antes de comenzar con las operaciones de acabado final y de curado

Reducir el periodo entre la colocación y el inicio del curado eliminando los retrasos durante la construcción.

Proteger el concreto inmediatamente después del acabado final para minimizar la evaporación. (Uso de atomizadores de humedad, reductores de evaporación y aditivos curadores).

Cuando se emplee el curado con agua, este debe ser continuo para evitar cambios de volumen debidos al humedecimiento y secado alternativos.

## 1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.6.1 Objetivo general

Determinar la influencia de coberturas orgánicas en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo Choquehuanca – Azángaro.

### 1.6.2 Objetivos específicos

Evaluar los factores que influyen al fraguado del concreto en épocas de heladas.

Realizar la protección para mejorar su resistencia del concreto utilizando cubiertas con el guano de corral y paja o totora independientemente.

Comparar la resistencia del concreto después del manto protector de concreto con productos naturales de nuestra zona.

## 1.7 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.7.1 Hipótesis general.

Existe influencia directa en el uso de coberturas orgánicas en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo Choquehuanca – Azángaro.

### 1.7.2 Hipótesis específicas.

Al controlar los factores que influyen al fraguado del concreto evita reducción de la resistencia del concreto en épocas de heladas.

Con un buen curado se alcanza las resistencias óptimas del diseño del concreto con productos como el guano de corral y la paja de la zona.

La protección con el guano del corral (manto protector) tiene mejores resultado, pero más manipulable es la paja o totora y comercial en la zona del altiplano peruano.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 MATERIALES Y SU COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

En esta parte de la tesis se presenta las definiciones y conceptos teóricos resumidos de los materiales componentes del concreto, y después de la teoría se presentaran los ensayos realizados, describiéndose sus procedimientos y señalando las normas aplicables.

#### 2.2 CEMENTOS

##### **Antecedentes históricos**

Se sabe que desde épocas antiguas Romanos utilizaron como agregado ladrillos quebrados los que eran embutidos en una mezcla de cal con polvo del ladrillo o la ceniza volcánica de esta forma se construyeron una variedad amplia de estructuras como caminos, acueductos, templos, palacios etc.

Se sabe también que se utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas grandes como el Coliseo y el Partenón. Para lograr concretos de peso ligero, los romanos utilizaron recipientes de barro que eran embebidos en la estructura generando vacíos en las paredes, y logrando así su propósito.

En 1824, el inglés J. Aspin, elaboró y patentó un producto similar al cemento, obtenido mediante la cocción de una mezcla de calcáreos y arcilla finamente molida. Este ligante permitió confeccionar un hormigón similar al obtenido con la piedra Portland (calcáreo muy resistente de la isla de Portland) comúnmente utilizado en Inglaterra para la construcción, de aquí la denominación “**Cemento Portland**”.

### 2.1.1 Cemento portland

Según la Norma Técnica Peruana **NTP 334.009**, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento portland = Clinker Portland + Yeso

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

Cemento portland puzolánico, es aquel cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una Mezcla de Clinker Portland y puzolana con adición de Sulfato de calcio: El contenido de Puzolana debe estar comprendida entre 15 y 40% en peso total. La puzolana debe ser un Material arcilloso o sillico-aluminoso que por sí mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica pero que finamente dividida y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas.

### 2.1.2 Materias primas del cemento portland

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son:

- a. **Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio ( $\text{Co}_3\text{Ca}$ ) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia.
- b. **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%.



c. **Minerales de fierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.

d. **Yeso:** Aporta el sulfato de calcio.

**Nota:** El yeso se añade al Clínter para controlar (retardar y regular) la fragua. Sin el yeso, el cemento fraguaría muy rápidamente debido a la hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetra cálcico.

### 2.1.3 Proceso de fabricación

- **Extracción de la materia prima:** Esta se realiza con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración.
- **Trituración de la materia prima:** Se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm. (Chancado primario). El material se deposita en una cancha de almacenamiento y luego de verificar su composición química, pasa al Chancado secundario reduciéndose a tamaños de hasta  $\frac{3}{4}$ " aproximadamente.
- **Pre – homogenización:** El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas.
- **Molienda de crudos:** Este proceso se realiza por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino además de dosificarse adecuadamente los materiales para lograr un crudo óptimo que será el que ingrese al horno.

- **Homogenización:** El crudo finamente molido debe ser homogenizado a fin de garantizar que el Clinker sea de calidad constante es decir en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo.
- **Clinkerización:** Es la zona más importante del horno rotatorio siendo este el elemento fundamental para la fabricación del cemento, se trata de un tubo cilíndrico de acero con diámetros de 4 a 5 m. Y longitudes de 70 a 80 m., para la obtención del Clinker se debe alcanzar temperaturas alrededor de los 1500°C.
- **Enfriamiento:** No todos los minerales deseados del Clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de Clinkerización por lo que es necesario que el Clinker caliente deba ser enfriado rápidamente es decir una vez que el Clinker es descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de Clinkerización, constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas fijas y placas móviles alternadas con unos pequeños orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el Clinker hasta aproximadamente 120°C para ser almacenado posteriormente a esta temperatura el material en las canchas de almacenamiento, por lo tanto un proceso de enfriamiento lento podría bajar la resistencia del cemento.
- **Molienda del clinker:** Mediante un proceso de extracción controlado el Clinker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtendrá una superficie específica alta de los granos del cemento.

- **Envasado y despacho:** Generalmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 Kg., de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel.

#### **Ventajas de adquirir el cemento a granel:**

- Economía en la compra de cemento, mano de obra en la descarga, almacenamiento y manipulación.
- Economía por pérdidas, debido a deterioros en las bolsas.
- Incremento en la productividad de la obra, se cuenta con el cemento inmediatamente
- Mínimo riesgo de robos.
- Además que significa para un país ahorro de sus divisas por la disminución de la importación de insumo para fabricación del envase.

#### **2.1.4 Composición química del cemento portland IP**

Se considera que los cementos portland, están formados por cuatro compuestos principales que a continuación se dan:

**Cuadro 2.1.-** Composición de cemento química del portland.

Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8% a 13%
Cal libre		$\text{CaO}$	
Magnesia libre (Periclasa)		$\text{MgO}$	

Fuente: Abanto Castillo, Flavio (2013). Tecnología del concreto.

Estos compuestos en presencia del agua se hidratan y forman nuevos compuestos que forman la infraestructura de la pasta de cemento endurecido en el concreto, el componente Silicato Tricálcico varía para los cementos **Rumi y Yura**.

Cabe mencionar que el Clinker está constituido por silicato tricálcico y silicato dicalcico, que representan alrededor del 75% del Clinker, son los principales constituyentes de la resistencia mecánica de los cementos en las primeras edades.

### 2.1.5 Propiedades de los compuestos principales

#### a. *Silicato tricálcico ( $C_3S$ ), conocido también como alita.*

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

#### b. *Silicato dicálcico ( $C_2S$ ), conocido también como belita.*

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el clinker es el segundo en importancia
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al  $C_3S$ .

#### c. *Aluminato tricálcico ( $C_3A$ ).*

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).

- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.

d. *Ferro aluminato tetra cálcico (C<sub>4</sub>AF).*

- Reduce la temperatura de formación del Clinker
- Rápida velocidad de hidratación
- Influye en el color final del cemento

**Nota:** El Silicato Tricálcico (C<sub>3</sub>S) y el Silicato Dicálcico (C<sub>2</sub>S) constituyen el 75% del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a éstos dos compuestos.

### 2.1.6 Tipos de cementos.

A. *Cementos portland sin adición.*

Constituidos por clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

**Tipo I** : Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

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

**Tipo III** : Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales

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

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

*B. Cementos portland adicionados.*

Contienen además de clinker Portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ej.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según Normas técnicas:

➤ **Cementos portland puzolánicos (NTP 334.044).**

Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.

Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.

➤ **Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049).**

Cemento Portland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%.

Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%.

➤ **Cementos portland compuesto tipo 1 (Co) (NTP 334.073).**

Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de clinker Portland y materiales calizos (travertinos), hasta un 30% de peso.

➤ **Cemento de albañilería (NTP 334.069).**

Cemento obtenido por la pulverización de clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.

➤ **Cementos de especificaciones de la performance (NTP 334.082).**

Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existen restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:

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

HH: De alta resistencia inicial.

MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

HS: De alta resistencia a los sulfatos.

MH: De moderado calor de hidratación.

LH: De bajo calor de hidratación.

### 2.1.7 Los cementos en el Perú.

En el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras:

Nombre	Ubicación
Cementos Lima S. A.	Atocongo – Lima.
Cementos Pacasmayo S. A.	Pacasmayo - La Libertad.
Cemento Andino S. A.	Condorcocha - Tarma (Junín).
Cemento Yura S. A.	Yura – Arequipa.
Cemento Sur S. A.	Caracoto - Juliaca (Puno).
Cemento Rioja.	Pucallpa – Ucayali.

Fuente: Abanto Castillo, Flavio (2013). Tecnología del concreto

**Nota:**

El cemento en el Perú se comercializa en bolsas de 42.5 kg. De papel krap extensible tipo Klupac, que usualmente están entre

dos y cuatro pliegos, de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo eventualmente y por condiciones especiales pueden ir provistas de un refuerzo interior de polipropileno. Estas bolsas son ensayadas para verificar su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad.

#### A. **Propiedades del cemento portland IP.**

Por lo general los cementos Portland Puzolanico adquieren su resistencia muy lentamente y requieren **curarse** durante un tiempo más prolongado, pero su resistencia última es aproximadamente la misma que la del cemento Portland común.

El porcentaje de puzolana agregada a este cemento es del orden del 30% de la cantidad total de material de cemento, la mayor parte de las especificaciones para cemento limitan más que toda la composición química y en menor grado algunas propiedades físicas del cemento, mencionando las siguientes.

##### i. **Finura o fineza.**

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en  $m^2/kg$ . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo:

- Permeabilímetro de Blaine.
- Turbidímetro de Wagner.

**Importancia:** A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.



**ii. Peso específico.**

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en  $\text{gr/cm}^3$ . En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

**Importancia:** Se usa para los cálculos en el diseño de mezcla, los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente 3.15.

**iii. Tiempo de fraguado.**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo:

- Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97)
- Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97)

Generalmente depende más de la temperatura y del contenido de agua.

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

**iv. Estabilidad de volumen.**

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99)

**v. Resistencia a la compresión.**

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar a una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334. 051 (98) Se prueba a diferentes edades: 1, 3,7, 28 días.

**Importancia:** Propiedad que decide la calidad de los cementos.

**vi. Contenido de aire.**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.

**Importancia:** Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %).

**vii. Calor de hidratación.**

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C<sub>3</sub>A y el C<sub>3</sub>S. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo del calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea.

Morteros estándar: NTP 334.064

Afecta a la generación de calor de hidratación, la finura del cemento y la temperatura del **curado**, en estructuras con gran masa de concreto la rapidez y la

cantidad de calor generado son importantes, ya que si no se disipa este calor puede generar “dilatación térmica: por elevación de la temperatura en el concreto. Por otro lado cabe mencionar que la generación de calor de hidratación puede beneficiar en **tiempos fríos**, por otra parte el enfriamiento posterior del concreto puede cambiar generar **esfuerzos perjudiciales**.

## **B. Descripción del mecanismo de hidratación del cemento Portland IP**

El mecanismo de hidratación del cemento Portland Puzolánico, comprende dos reacciones químicas completamente distintas, que a continuación describiremos.

### ➤ PRIMERA FASE

El rol que toca a los silicatos cálcicos con su mayor proporción en la composición del clinker y su participación inmediata, es importante ya que contribuye primordialmente a la resistencia temprana del cemento y es considerada como principal.

### ➤ SEGUNDA FASE

La segunda reacción y complementaria. Siendo las puzolanas lentas en fraguar por la falta o carencia de aluminatos, reaccionan con los hidróxidos de calcio en presencia del agua, para aunarse a los silicatos cálcicos hidratados, combinándose también con los aluminatos tricalcicos presentes en el cemento, dando finalmente aluminatos cálcicos hidratados.

La velocidad de hidratación del cemento es directamente proporcional a su finura y es

inversamente proporcional al tiempo, ya que inicialmente es rápida y va disminuyendo conforme transcurre el tiempo, concordando muchos investigadores que este proceso nunca llega a detenerse.

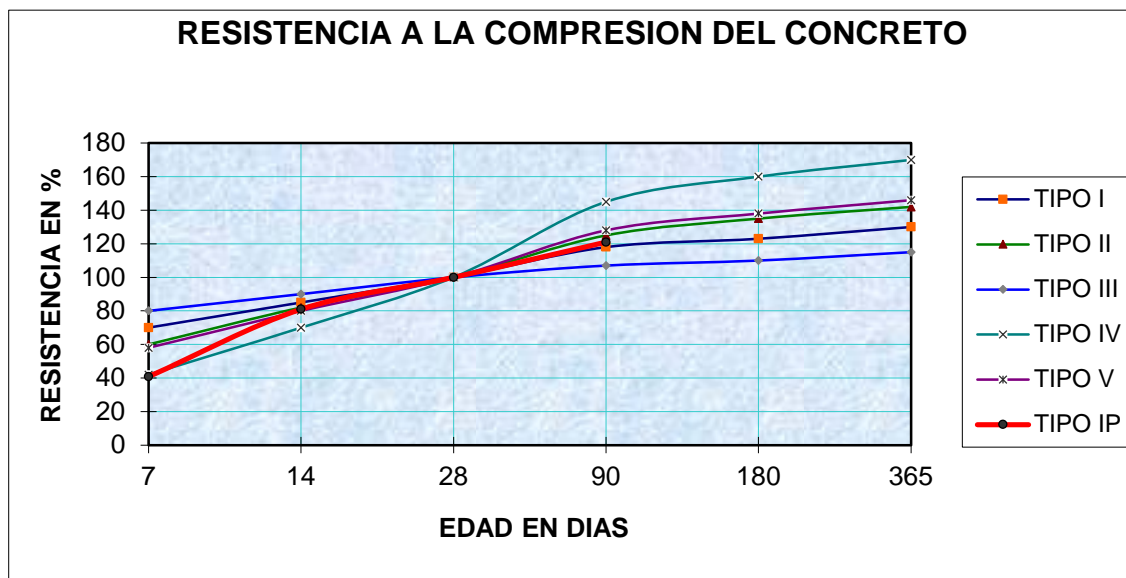
### 2.1.8 Relación de resistencia del cemento utilizado con los demás tipos cemento.

Para los diferentes tipos de cemento que se tiene como el Portland IP, I, II, III, IV, V, se revisaron investigaciones de las variaciones de resistencias de cada tipo de cemento.

**Cuadro 2.2:** Porcentaje de resistencia de los diferentes tipos de cemento.

Días	TIPO IP	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
7	41 %	70 %	60 %	80 %	42 %	58 %
14	81 %	85 %	82 %	90 %	70 %	80 %
28	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
90	121 %	118 %	125 %	107 %	145 %	128 %
180		123 %	135 %	110 %	160 %	138 %
365		130 %	142 %	115 %	170 %	146 %

Fuente: Pasquel Carbajal, Enrique (2005). Tópicos de tecnología de concreto.



**Gráfico 2.1:** Porcentaje de resistencia a la compresión del concreto, según el tipo de cemento.

De la tabla y el gráfico mostrado se tienen los porcentajes de los diferentes tipos de cemento puesto que el cemento puzolánico en la mayoría de los textos mencionan tener resistencias mayores a largo plazo.

### 2.1.9 Normas técnicas peruanas de cementos.

**NTP 334.009:1997.** Cemento Portland. Requisitos.

**NTP 334.044:1997.** Cemento Portland Puzolánico IP y I (PM).

**NTP-334.069:1998.** Cemento de Albañilería. Requisitos.

**NTP-334.083:1997.** Cemento Portland Adicionados tipos P y S.

**NTP 334.084:1998** Cementos. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cementos Portland.

**NTP 334.085:1998** Cementos. Aditivos de proceso a usarse en la producción de cementos Portland.

**NTP 334.087:1999** Cementos. Adiciones minerales en pastas, morteros y concretos.

**NTP 334.088:1999** Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón, concreto.

**NTP 334.089:1999** Cementos: Aditivos incorporados de aire en pastas, morteros y concreto.

**NTP 334.076:1997** Cementos. Aparato para la determinación de los cambios de longitud de pastas de cementos y morteros fraguados.

**NTP 334.077:1997** Cementos. Ambientes, de almacenamiento utilizados en los ensayos de cemento.

**NTP 334.079:1996** Cementos. Especificación normalizada para pesas y mecanismos de pesada para usos en los ensayos físicos de cemento.

**NTP 334.074-1997** Cementos. Determinación de la consistencia normal.

**NTP 334.075:1997** Cementos. Cemento Portland. Método de ensayo para optimizar el  $SO_3$ .

**TP 334.045:1998** Cementos. Métodos de ensayo para determinar la finura por tamizado húmedo con tamiz normalizado de 45  $\mu m$ .

**NTP 334.048:1997** Cementos. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico.

**NTP 334.052:1998** Cementos. Ensayo para determinar el falso fraguado del cemento.

**NTP 334.002:1997** Cementos. Determinación de la finura expresada por la superficie. Específica.

**NTP 334.003:1998** Cementos. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica.

**NTP 334.051:1998** Cementos. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland cubos de 50mm de lado.

**NTP 334.006:1997** Cementos. Determinación del fraguado utilizando la aguja de Vicat.

**NTP 334.064:1999** Cementos. Método para determinar el calor de hidratación de cementos Portland.

**NTP 334.004:1999** Cementos. Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen.

**NTP 334.053:1999** Cementos. Ensayo para determinar el falso fraguado de cemento. Método del mortero.

**NTP 334.066:1999** Cementos. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánico utilizando cemento Portland.

## 2.2 AGREGADOS PARA EL CONCRETO

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efecto importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma de concreto E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la

medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones.

### 2.2.1 Importancia

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otra parte son estos elemento los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

### 2.2.2 Definiciones.

#### **Agregado.**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la **NTP 400.011**.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

#### **Agregado global**

Comprende un método experimental para hallar las proporciones de agregados fino y grueso así como usos granulométricos considerados óptimos, para encontrar las proporciones de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se puedan obtener concretos trabajables y compactos.

#### **Grava**

Agregado grueso proveniente de la desintegración natural de rocas y que en forma natural se encuentra en los lechos de ríos o yacimientos.



**Canteras**

Son depósitos que se encuentran al aire libre, de donde se extraen los materiales pétreos que se utilizarán en el concreto.

**Muestra de yacimiento.**

Muestra extraída de una cantera tal como se encuentra en la cantera.

**Muestra elaborada.**

Muestra extraída de una cantera y que tiene un proceso de elaboración.

**Muestra representativa.**

Muestra de yacimiento, y elaborada por personas que contemplen las normas peruanas o ASTM, debe ser obtenido por un proceso de cuarteo.

**Tamaño máximo.**

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

**Tamaño nominal máximo.**

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

**Módulo de fineza.**

Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \sum \frac{\% \text{ Retenidos Acum. (1, } \frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , 3/8'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

### 2.2.3 Clasificación

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

#### A. *Por su naturaleza*

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- **El hormigón**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

#### B. *Por su densidad.*

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75 ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

#### C. *Por el origen, forma y textura superficial.*

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera.
- Granular.
- Vítreo.
- Cristalina

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

D. *Por el tamaño del agregado*  
Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas).
- Agregados gruesos (piedras).

#### 2.2.4 Funciones del agregado

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado módulo de **finura**, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura. **La textura del material**, dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos .

## 2.2.5 Propiedades del agregado.

### A. *Propiedades físicas.*

#### a. **Peso específico SSS.**

El peso específico de masa saturado superficialmente seco es definido por la norma ASTM E-12 como la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo el agua en los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

El agregado sin humedad libre, pero que aún contiene la cantidad total de humedad absorbida, se llama saturado superficialmente seco (SSS), el peso saturado superficialmente seco es el que el diseñador de mezclas exige.

#### b. **Porosidad.**

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

#### c. **Peso unitario.**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa por ejemplo para un agregado grueso

pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

#### d. Porcentaje de vacíos.

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\%vacios = \frac{(S * W - PUC)}{S * W} * 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

P.U.C. = Peso unitario compactado seco del agregado.

#### e. Humedad.

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{(W_{natural} - W_{seco})}{W_{seco}}$$

#### f. Absorción.

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas, se expresa de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{(W_{SSS} - W_{seco})}{W_{seco}} * 100$$

Donde:

$W_{SSS}$  = Peso saturado superficialmente seco.

$W_{seco}$  = Peso seco.

*B. Propiedades resistentes.*

**a. Resistencia.**

La resistencia de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura.

**b. Tenacidad.**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

**c. Dureza.**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

**d. Módulo de elasticidad.**

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

C. *Propiedades térmicas.*

**a. Coeficiente de expansión.**

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6}$  / °C.

**b. Calor específico.**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

**c. Conductividad térmica.**

Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/ pie.hr. °F

**d. Difusividad.**

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

D. *Propiedades químicas.*

**a. Reacción álcali-sílice.**

Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y



humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones que se encuentran definidas en ASTM C227, ASTM C289, ASTM C-295 y que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado.

#### **b. Reacción álcali-carbonatos.**

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.

Los procedimientos para la evaluación de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586.

### **2.2.7 Normas y requisitos de los agregados para el concreto.**

#### *A. Requisitos obligatorios.*

##### **- Granulometría.**

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

**Cuadro 2.3:** Requisitos granulométricos para el agregado grueso.

Tamaño Nominal	Porcentajes que pasa por los Tamices Normalizados												
	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16
90 a 37.5 mm 3 1/2" a 1 1/2"	100%	90% a 100%		25% a 60%		0% a 15%		0% a 5%					
63 a 37.5 mm 2 1/2" a 1 1/2"			100%	90% a 100%	35% a 70%	0% a 15%		0% a 5%					
50 a 25 mm 2" a 1"				100%	90% a 100%	35% a 70%	0% a 15%		0% a 5%				
50 a 4.75 mm 2" a Nº 4				100%	95% a 100%		35% a 70%		0% a 10%		0% a 5%		
37.5 a 19 mm 1 1/2" a 3/4"					100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 5%		0% a 5%			
37.5 a 4.75 mm 1 1/2" a Nº 4					100%	95% a 100%		35% a 70%		10% a 30%	0% a 5%		
25 a 12.5 mm 1" a 1/2"						100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 10%	0% a 5%			
25 a 9.5 mm 1" a 3/8"						100%	90% a 100%	40% a 85%	10% a 40%	0% a 15%	0% a 5%		
25 a 4.75 mm 1" a Nº 4						100%	95% a 100%		25% a 60%		0% a 10%	0% a 5%	
19 a 9.5 mm 3/4" a 3/8"							100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 15%	0% a 5%		
19 a 4 mm 3/4" a Nº 4							100%	90% a 100%		20% a 55%	0% a 10%	0% a 5%	
12.5 a 4.75 mm 1/2" a Nº 4								100%	90% a 100%	40% a 70%	0% a 15%	0% a 5%	
9.5 a 2.36 mm 3/8" a Nº 8									100%	85% a 100%	10% a 30%	0% a 10%	0% a 5%

Fuente: Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología del concreto.

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

Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado. Los agregados con falta de éstos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta.

### - Sustancias dañinas.

Se prescribe también que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:

Agregados descripción	Fino	Grueso
Partículas deleznable	3%	5%
Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y lignito	0.5 %	0.5%

### - Materia orgánica.

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (impurezas orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

#### B. Requisitos complementarios.

Los agregados que serán utilizados en concretos de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los siguientes:

##### a. El índice de espesor.

Índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50% en el caso de agregado natural de 35% para grava triturada.

Es conocido que los agregados de forma plana, es decir con dos dimensiones preponderantes, originan concretos difícilmente trabajables y de baja compactación.

La norma establece una relación de límite entre el grosor (G) y el espesor (E),  $G/E=1.58$ .

**b. Resistencia mecánica.**

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP.

Correspondiente, será tal que los valores no excedan a los siguientes:

Tipo de resistencia mecánica	% Máximo
Abrasión (Método de los Ángeles)	50%
Impacto	30%

**c. Granulometría del agregado fino.**

Deberá corresponder a la gradación “C” de la tabla, se permitirá el uso de agregado que no cumpla con la gradación siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

**Cuadro 2.4:** Requisitos granulométricos para el agregado fino.

PORCENTAJES DE PESO QUE PASA					
TAMIZ		LIMITES TOTALES	C	M	F
9,5 mm	3/8"	100	100	100	100
4,75 mm	Nº 4	89 a 100	95 a 100	89 a 100	89 a 100
2,36 mm	Nº 8	65 a 100	80 a 100	65 a 100	80 a 100
1,38 mm	Nº 16	45 a 100	50 a 85	45 a 100	70 a 100
0,59 mm	Nº 30	25 a 100	25 a 60	25 a 80	55 a 100
0,295 mm	Nº 50	5 a 70	10 a 30	5 a 48	5 a 70
0,148 mm	Nº 100	0 a 12	2 a 10	0 a 12 *	0 a 12

Fuente: Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología del concreto.

- Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia

#### **d. Inalterabilidad del agregado (Durabilidad).**

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. La pérdida promedio de masa después de 5 ciclos no deberá exceder de los siguientes valores:

**Cuadro 2.5:** Porcentaje máximo de pérdida de masa (5 ciclos).

<b>Solución utilizada</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Sulfato de sodio	10 %	12 %
Sulfato de magnesio	15 %	18 %

#### **C. Requisitos opcionales.**

El agregado utilizado en concreto sujeto permanentemente a la humedad o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener sustancias dañinas que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presente tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que puedan tener menos del 0,6% de álcalis.

**2.2.8 El agregado global (NTP 400.037).**

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de husos granulométricos considerados óptimos, para los proporcionamientos de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se pueden obtener concretos trabajables y compactos. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva.

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados en la siguiente tabla:

**Cuadro 2.6:** Granulometría del agregado global.

<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL</b>			
Porcentaje en peso (masa) que pasa			
TAMIZ	Tamaño Nominal	Tamaño Nominal	Tamaño Nominal
	37,5 mm (1 1/2 )	19,0 mm (3/4 )	9,5 mm (3/8 )
75,0 mm 3"			
62,5 mm 2 1/2"			
50,0 mm 2"	100		
37,5 mm 1 1/2"	95 a 100	100	
25,0 mm 1"			
19,0 mm 3/4"	45 a 80	95 a 100	
12,5 mm 1/2"			100
9,5 mm 3/8"			95 a 100
6,3 mm 1/4"			
4,75 mm N° 4	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm N° 8			20 a 50
1,18 mm N° 16			15 a 40
600 μm N° 30	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 μm N° 50			5 a 15
150 μm N° 100	0 a 8	0 a 8	0 a 8

\* Incrementar a 10% para finos de roca Triturada,

Fuente: Abanto Castillo, Flavio (2013). Tecnología del concreto

**A. Ensayos de las propiedades físicas de los agregados.**

**A.1.- Granulometría.**

La granulometría es un ensayo experimental mecánico aplicado a los agregados finos y gruesos y a la combinación de ambos.

El procedimiento de ensayo consta en tomar una muestra representativa para separar por orden de tamaño las partículas presentantes mediante el uso de tamices normalizados, este método se aplica para las partículas mayores a la malla N° 200 con este método aplicado a la tecnología del concreto se obtiene la distribución de las partículas.

Con los datos del tamizado se podrá calcular la distribución proporcional aproximada de las partículas en la muestra, la misma que ira representada en una gráfica denominada curva granulométrica.

La granulometría es un ensayo obligatorio en los agregados que intervendrán en la preparación del concreto debiendo realizarse:

- Granulometría del agregado fino.
- Granulometría del agregado grueso.
- Granulometría del agregado global.

#### **A.2.- Agregado fino**

El agregado fino es aquel que proviene de rocas desintegradas natural o artificialmente, y que pasa por la malla 3/8" y que queda retenida en la malla N° 200. El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, según a las recomendaciones de la NTP 400.11.

#### **B.- Ensayos en el agregado fino**

Los ensayos para determinar las características físicas del agregado fino, se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos.

### B.1.- Peso unitario

El peso unitario o el peso aparente del agregado, es el peso de un determinado volumen unitario y es expresado en Kg. /m<sup>3</sup>.

Por condiciones propias del agregado, el peso unitario varía según: la forma del agregado, el tamaño, la granulometría y el contenido de humedad. También depende de factores externos como el de la compactación a la cual es sometido el agregado.

En el proporcionamiento por volumen, es necesario conocer el peso unitario para agregados ligeros o pesados.

Debido a factores que hacen variar el peso unitario, el ensayo del mismo debe realizarse cumpliendo estrictamente la norma. La norma define, peso unitario de agregado suelto y peso unitario de agregado compactado.

### B.2.- Peso unitario compactado

El peso unitario compactado del agregado se determina cuando se ejerce presión con la varilla de 5/8" de diámetro, dentro de un recipiente normalizado, dando 25 golpes en cada uno de las tres capas. Para finalizar la operación se empareja la superficie con la varilla para luego pesarlo.

**Cuadro 2.7:** Peso unitario compactado del agregado.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	6970	6970	6970
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13490	13510	13510
PESO DE LA MUESTRA gr.	6520	6540	6540
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> .	3283	3283	3283
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup> .	1,986	1,992	1,992
PESO UNITARIO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup> .		1990	
PESO UNITARIO SECO Kg/m <sup>3</sup> .		1957	

Peso Unitario Compactado (PUC) = 1957 kg/m<sup>3</sup>.

Fuente: Rivva López, Enrique. (2007). Diseño de mezcla.



**B.3.- Peso unitario suelto.**

El peso unitario suelto del agregado se determina cuando se deja caer suavemente el material dentro del recipiente hasta llenarlo, luego se empareja la superficie como una regla o la varilla, en este proceso no se ha ejercido ninguna presión al agregado.

**Cuadro 2.8:** Peso unitario suelto del agregado.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	6970	6970	6970
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12910	12890	12880
PESO DE LA MUESTRA gr.	5940	5920	5910
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	3283	3283	3283
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup> ,	1,809	1,803	1,800
PESO UNITARIO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup> ,		1804	
PESO UNITARIO SECO Kg/m <sup>3</sup> .		<b>1775</b>	

Peso Unitario Suelto (PUS) = 1775 kg/m<sup>3</sup>

Fuente: Rivva López, Enrique. (2007). Diseño de mezcla.

**B.4.- Peso específico NTP 400.22**

El peso específico de los agregados expresa el peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua, sin considerar los vacíos entre ellas. Esta propiedad es útil para la dosificación del concreto, al incidir principalmente en el cálculo de los volúmenes absolutos del agregado. La norma establece el procedimiento para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

**B.5.- Porcentaje de absorción NTP 400.22**

Es el contenido de humedad en el estado saturado superficialmente seco del material, se expresa como porcentaje del peso. La absorción se debe a las características del material, principalmente, su porosidad. Asimismo, se determina con los datos obtenidos en el ensayo del peso específico.

**Cuadro 2.9:** Peso específico y absorción de agregado fino.

I.- DATOS		I	II	III
1	PESO DE LA ARENA SSS+P. DEL BALON+P. DEL AGUA	1443,50	1443,00	1445,00
2	PESO DE LA ARENA SSS +P. DEL BALON	988,50	988,50	988,50
3	PESO DEL AGUA	455,00	454,50	456,50
4	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO +P. DEL BALON	964,00	966,50	966,00
5	PESO DEL BALON	488,50	488,50	488,50
6	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORN	475,50	478,00	477,50
7	VOLUMEN DEL BALON	665,00	665,00	665,00
8	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SSS	500,00	500,00	500,00
II.- RESULTADOS				
1	PESO ESPECIFICA DE MASA: P.E.M. 6/ (7-3)	2,26	2,27	2,29
	<b>Promedio</b>		<b>2,27</b>	
2	P.E. DE MASA SATURADA SSS P.E.M.S.S.S.(8/(7-3))	2,38	2,38	2,40
	<b>Promedio</b>		<b>2,38</b>	
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : 6/((7-3)-(8-6))	2,56	2,54	2,57
	<b>Promedio</b>		<b>2,56</b>	
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((8-6)/6)	5,15	4,60	4,71
	<b>Promedio</b>		<b>4,82</b>	

Fuente: Rivva López, Enrique. (2007). Diseño de Mezcla.

**B.6.- Contenido de humedad NORMA ASTM C-566**

Es la cantidad de agua que contiene el material en el estado natural en un determinado momento. Influye notablemente en el cálculo junto al porcentaje de absorción, sirven para efectuar las correcciones adecuadas en el diseño del concreto.

**Cuadro 2.10:** Peso de agregado fino.

Nro. De Tara	W-1	W-2	W-3
Peso de Tara	434	434	434
Peso de Tara + M. Húmeda	1434	1434	1434
Peso de Tara + M.	1418,2	1418,7	1416,1
Peso de Agua	15,8	15,3	17,9
Peso Muestra Seca	984,2	984,7	982,1
Contenido de humedad W%	1,61	1,55	1,82
Promedio cont. Humedad W%	<b>1,661</b>		

Fuente: Rivva López, Enrique. (2007). Diseño de mezcla.

**B.7.- Material que pasa la malla N°200 NTP 400.018.**

Consiste en determinar la cantidad de material más fino que se puede presentar en el agregado en forma de revestimientos superficiales o como partículas sueltas. Valores excesivos perjudican al concreto.

Los valores no deben exceder los siguientes límites:

- a) Concretos sujetos a abrasión.....3%
- b) Otros concretos.....5%

Este ensayo consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda.

**Cuadro 2.11:** Material que pasa la malla.

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra Seca (gr.)	500	500	500
Peso de la muestra tamizada Seca (gr.)	483,9	490,3	487,1
Material que pasa la malla N° 200	16,1	9,7	12,9
Material que pasa en ( % )	3,22	1,94	2,58
Promedio en ( % )	2,58		

Fuente: Elaborado con datos ensayados.

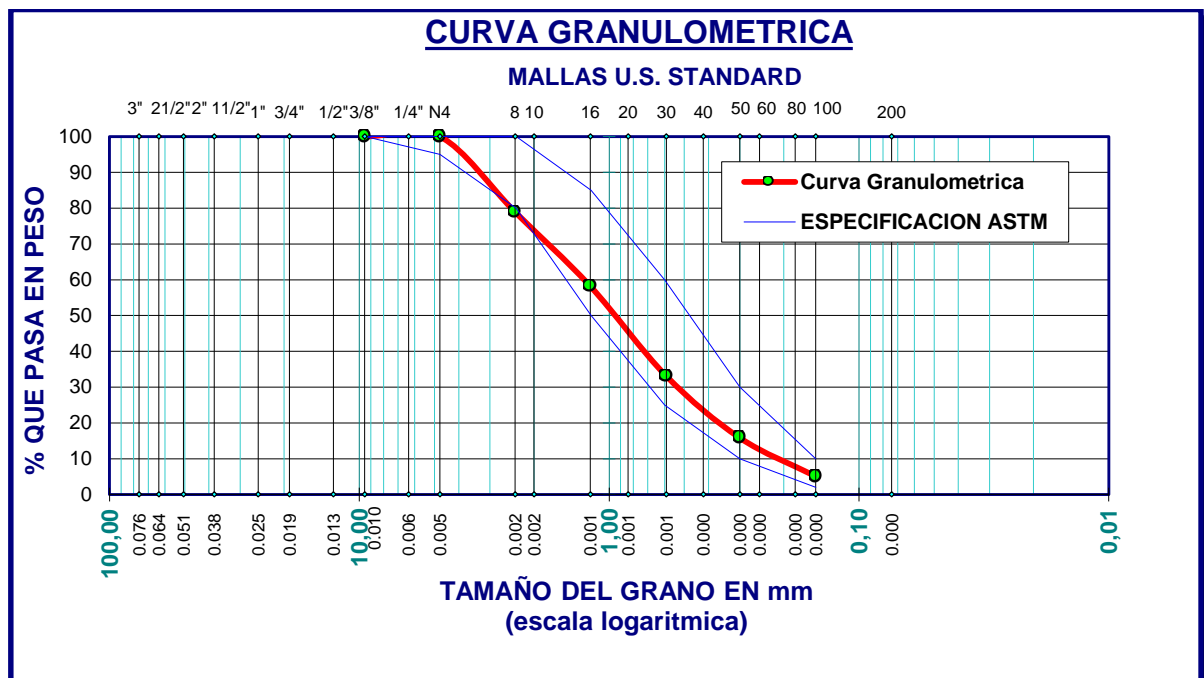
**B.8.- Granulometría NTP 400.012**

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Dado que es difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, la cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y estandarizadas. El material retenido se pesa y se expresa en porcentajes respecto al peso total.

**Cuadro 2.12:** Peso de agregado fino.

TAMICES ASTM	ABERTURA Mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1/4"	0.006	0,00	0,00	0,00	<b>100,00</b>
No4	0.005	0,00	0,00	0,00	<b>100,00</b>
No8	0.002	98,37	21,08	21,08	<b>78,92</b>
No16	0.001	96,70	20,72	41,81	<b>58,19</b>
No30	0.001	117,27	25,13	66,94	<b>33,06</b>
No50	0.000	80,37	17,22	84,16	<b>15,84</b>
No100	0.000	50,20	10,76	94,92	<b>5,08</b>
No200	0.000	23,70	5,08	100,00	<b>0,00</b>
<b>BASE TOTAL</b>		466,61	100,00		

Fuente: Rivva López, Enrique (2007). Diseño de mezcla.



**Gráfico 2.2:** Curva granulométrica, en base a cuadro 2.12.

**B.9.- Módulo de finura**

Es un indicador numérico que toma en cuenta la distribución volumétrica de las partículas del agregado. Se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie estándar: N4, N8, N16, N30, N50 y N100, dividiéndose esta cantidad entre 100. Esta propiedad ayuda a determinar las proporciones de agregado grueso y fino en concreto.

**Cuadro 2.13:** Modulo de fineza del agregado.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1/4"	0.006	0,00	0,00	0,00	<b>100,00</b>
No4	0.005	0,00	0,00	0,00	<b>100,00</b>
No8	0.002	98,37	21,08	21,08	<b>78,92</b>
No16	0.001	96,70	20,72	41,81	<b>58,19</b>
No30	0.001	117,27	25,13	66,94	<b>33,06</b>
No50	0.000	80,37	17,22	84,16	<b>15,84</b>
No100	0.000	50,20	10,76	94,92	<b>5,08</b>
No200	0.000	23,70	5,08	100,00	<b>0,00</b>
<b>BASE TOTAL</b>		466,61	100,00		

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizadas.

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{21.08\% + 41.81\% + 66.94\% + 84.16\% + 94.92\%}{100} = 3.09$$

De acuerdo a la clasificación podemos observar que el valor hallado corresponde a la clasificación de **Arena Gruesa**.

### 2.2.9 Agregado grueso.

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.76mm), esta puede ser proveniente de la clasificación y trituración por medio de una chancadora, u obtenida del hormigón de río. El agregado debe cumplir con los límites establecidos por las norma ASTM o NTP.

#### A.- ENSAYOS EN EL AGREGADO GRUESO

##### A.1.- Peso unitario NTP 400.017

Para determinar el peso unitario en sus dos variantes, suelto y compactado, se procede en forma similar que para el agregado fino, la diferencia está en la cantidad de la muestra. Para el agregado en estudio, de tamaño nominal máximo (tn Max) 1½", se utiliza un recipiente de ½ pie cúbico. La capacidad del recipiente está en función al tamaño nominal máximo del agregado, según norma.

##### A.2.- Peso unitario suelto.

**Cuadro 2.13:** Peso unitario suelto del agregado.

<b>MOLDE NRO.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
PESO DEL MOLDE gr.	5020	5020	6970
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	25060	24960	24940
PESO DE LA MUESTRA gr.	20040	19940	17970
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	13678	13678	13678
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup> ,	1,465	1,458	1,314
PESO UNITARIO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup> ,	1412		
PESO UNITARIO SECO Kg/m <sup>3</sup> .	1407		

Peso Unitario Suelto (PUS) = 1407 kg/m<sup>3</sup>.

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizados.

**A.3.- Peso unitario compactado.**

**Cuadro 2.14.-** Peso unitario compacto del agregado.

<b>MOLDE NRO.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
PESO DEL MOLDE gr.	5020	5020	5020
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	26460	26550	26610
PESO DE LA MUESTRA gr.	21440	21530	21590
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	13678	13678	13678
PESO UNITARIO Kg/m <sup>3</sup> ,	1,567	1,574	1,578
PESO UNITARIO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup> ,	1573		
PESO UNITARIO SECO Kg/m <sup>3</sup> .	1567		

Peso Unitario Compactado (PUC) = 1567 kg/m<sup>3</sup>.

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizados.

**A.4.- Peso específico NTP 400.021**

El peso específico es la relación del peso del agregado grueso entre el volumen del mismo, sin considerar los vacíos existente entre las partículas del agregado grueso.

Es una propiedad importante por su influencia en la calidad del concreto en el aspecto de la resistencia y la durabilidad. Agregados con un valor de peso específico relativamente alto, tienen un buen comportamiento; mientras un valor bajo corresponde generalmente a agregados muy absorbentes y débiles.

**A.5.- Porcentaje de absorción NTP 400.012**

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa como porcentajes del peso.

A continuación se dan los resultados promedio, obtenidos de tres ensayos:

**Cuadro 2.15:** Peso específico y absorción de agregado grueso.

<b>I.- DATOS</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	2763,0	2122,00	2654,00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SSS	2837,0	2191,00	2730,00
3	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	1657,0	1291,00	1590,00
<b>II.- RESULTADOS</b>				
1	PESO ESPECIFICA DE MASA: P.E.M. $1/(2-3)$	2,34	2,36	2,33
	Promedio		<b>2,34</b>	
2	P.E. DE MASA SATURADA SSS P.E.M.S.S.S.( $2/(2-3)$ )	2,40	2,43	2,39
	Promedio		<b>2,41</b>	
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $1/(1-3)$	2,50	2,55	2,49
	Promedio		<b>2,52</b>	
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: $\%ABS((2-1)/1)*100$	2,68	3,25	2,86
	Promedio		<b>2,93</b>	

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizados.

**A.6.- Contenido de humedad NORMA ASTM-566.**

Es la cantidad de agua que posee el agregado en el estado natural en un momento. Influye notablemente en el cálculo de humedad del agregado es considerable en un tiempo relativamente corto, en particular en hormigones muy húmedos de río, por lo que se recomienda medir momentos antes de la fabricación del concreto para hacer las correcciones respectivas.

**Cuadro 2.16:** Contenido de humedad del agregado grueso.

<b>Nro. De Tara</b>	<b>W-1</b>	<b>W-2</b>	<b>W-3</b>
Peso de Tara	420,5	420,5	420,5
Peso de Tara + M. Húmeda	1920,5	1920,5	1920,5
Peso de Tara + M. Seca	1914,6	1914,1	1914,7
Peso de Agua	5,9	6,4	5,8
Peso Muestra Seca	1494,1	1493,6	1494,2
Contenido de humedad W%	0,39	0,43	0,39
Promedio cont. Humedad W%	<b>0,404</b>		

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizadas.

**A.7.- Granulometría.**

En la práctica, cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos que señala la NTP 400.012, que son tamices estándar de muestreo. La granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto fresco así como en algunas del concreto endurecido, por lo tanto, es un parámetro importante en todos los métodos de diseño de mezclas.

**Cuadro 2.17:** Análisis granulométrico del agregado.

<b>TAMICES ASTM</b>	<b>ABERTURA Mm</b>	<b>PESO RETENIDO</b>	<b>%RETENIDO PARCIAL</b>	<b>%RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>
2"	0.051	0,00	0,00	0,00	<b>100,00</b>
1 1/2"	0.038	184,78	2,88	2,88	<b>97,12</b>
1"	0.025	689,78	10,77	13,65	<b>86,35</b>
3/4"	0.019	750,58	11,72	25,37	<b>74,63</b>
1/2"	0.013	1379,23	21,53	46,90	<b>53,10</b>
3/8"	0.010	1193,30	18,63	65,52	<b>34,48</b>
1/4"	0.006	1399,18	21,84	87,37	<b>12,63</b>
No4	0.005	809,42	12,63	100,00	<b>0,00</b>
<b>BASE</b>					
<b>TOTAL</b>		6946,78	100,00		

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizadas.



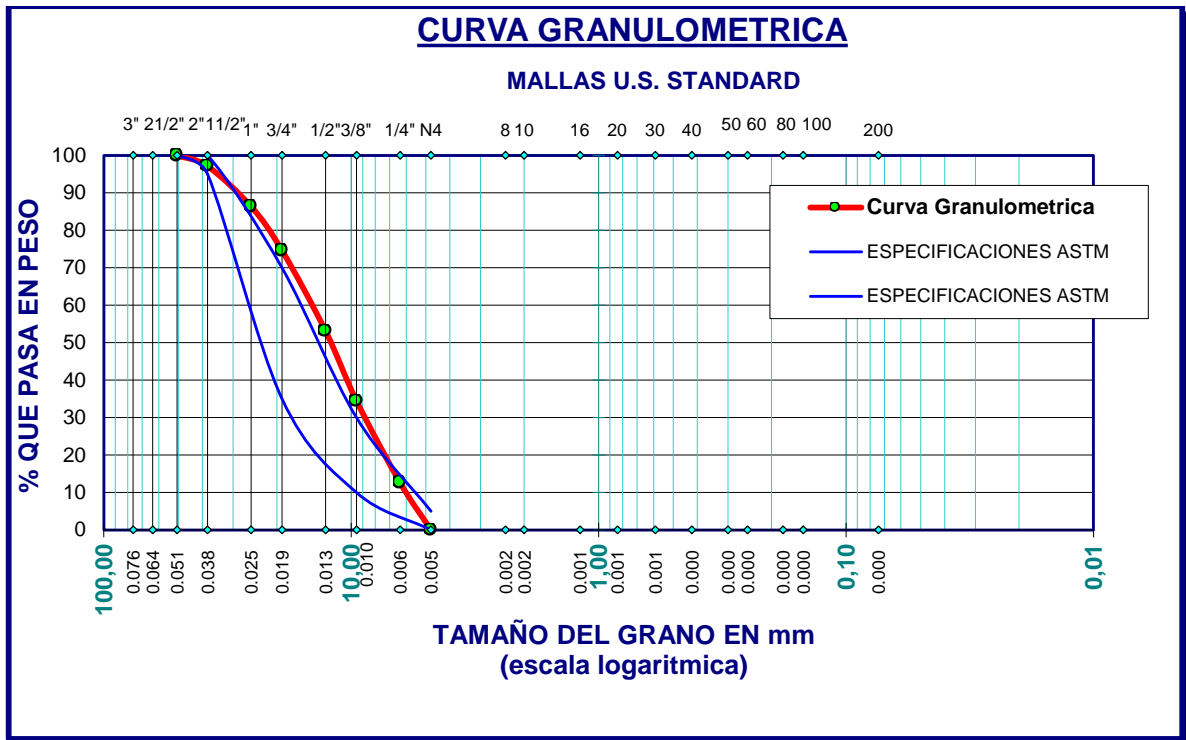


Grafico 2.3: Curva granulométrica del agregado

Fuente: Elaborado en base de las pruebas realizadas.

**A.8.- Tamaño máximo del agregado.**

Es el tamaño de la abertura de la malla más pequeña por la cual toda la muestra del agregado.

Del análisis granulométrico, el agregado grueso es de:

$$T \text{ Max} = 2''$$

**A.9.- Tamaño nominal máximo.**

Es el tamaño de la abertura de la malla más pequeña que produce el primer retenido. Generalmente se da como referencia de la granulometría. Es un dato que se usa para diseñar con las tablas del ACI.

Existen otras definiciones de tamaño nominal máximo que también se utilizan:

Tn Max: Tamaño de tamiz superior al que produce el 15% o más de material retenido acumulado

Tn Max: Malla por el que pasa del 95%-100% del agregado o en el que se produce el primer retenido.

Teniendo en cuenta las definiciones, especialmente la primera, el agregado grueso es de:

$$Tn. Max. = 1 \frac{1}{2}''$$

#### **A.10.- Módulo de finura.**

De la tabla de granulometría del agregado grueso:

$$M.F. = \frac{2.88\% + 25.37\% + 65.52\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\%}{100}$$

$$M.F. = 6.94$$

### **2.3 AGUA UTILIZADA**

El agua que se emplea para el curado es agua potable, ya que es apta para la construcción, se debe conocer que aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos de los requisitos, es por eso que se presenta a detalle para tener conocimiento porque muchas veces se trabaja fuera de ciudades donde no existe agua potable, y es muy importante conocer el tipo de agua que vamos a utilizar ya que esto dependerá y afectará en las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

#### **2.3.1 Requisitos de calidad.**

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

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

**Cuadro 2.18:** Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5,000 ppm Máximo
Materia Orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000 ppm Máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm Máximo
Cloruros (ión Cl)	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Fuente: Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología del concreto.

**Recomendaciones adicionales:**

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

**2.3.2 Efectos de las sustancias disueltas:**

- El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales puedan afectar el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la resistencia última del concreto.
- Se puede tolerar en el agua aproximadamente 2,000 ppm de arcilla en suspensión o de partículas finas de roca. Cantidades mayores podría no afectar la resistencia, pero bien podrían influir sobre otras propiedades de algunas mezclas de concreto.
- Una pequeña cantidad de sacarosa, de 0.03% a 0.15% del peso del cemento, normalmente retarda el fraguado del

cemento. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar afecta al tiempo de fraguado y a la resistencia de manera distinta.

### **2.3.3 Ocurrencias en la utilización de aguas no potables.**

Una cosa que debe de hacernos reflexionar y que se debe tener presente para estimar que agua sirve o que agua no en la producción de un concreto el agua que no daña al ser humano no dañara al concreto, y cuando se trabaje con agua que no sea agua potable se debe de tener muchas precauciones.

Los efectos u ocurrencias más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezclas con impurezas son:

- Retardo en el endurecimiento del concreto.
- Reducción de la resistencia.
- Manchas en el concreto endurecido y eflorescencias.
- Contribución a la corrosión del acero.

Para tener seguridad de que agua se debe de utilizar debemos de tener muy en cuenta la tabla que se presenta en el cuadro 2.17.

Caso contrario cuando se trabaja fuera de la ciudad y donde no se cuenta con agua potable.

Se deberá realizar ensayos comparativos empleando el agua en estudio y agua destilada o potable, manteniendo similitud de materiales y procedimientos. Dichos ensayos se realizarán, de preferencia, con el mismo cemento que será usado. Dichos ensayos incluirán la determinación del tiempo de fraguado de las pastas y la resistencia a la compresión de morteros a edades de 7 y 28 días.

El tiempo de fraguado no es necesariamente un ensayo satisfactorio para establecer la calidad del agua empleada ni los efectos de la misma sobre el concreto endurecido. Sin embargo,

la Norma NTP 339.084 acepta que los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta preparada con el agua en estudio podrán ser hasta 25% mayores o menores, respectivamente, que los correspondientes a las pastas que contienen el agua de referencia.

Los morteros preparados con el agua en estudio y ensayados de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 deben dar a los 7 y 28 días, resistencias a la compresión no menores del 90% de la de muestras similares preparadas con agua potable. Es recomendable continuar los estudios a edades posteriores para certificar que no se presentan reducciones de la resistencia.

Cuando la concentración de sales, especialmente cloruros exceda los límites indicados en estas recomendaciones, se efectuarán ensayos de resistencia a la compresión a edades de 180 y 365 días.

Podrá utilizarse, previa autorización de la Supervisión, aguas no potables.

Sobre esta base se ha determinado que algunas aguas aparentemente inconvenientes no dan necesariamente un efecto dañino en el concreto. De acuerdo a los criterios expresados y previa realización de los ensayos correspondientes, las siguientes aguas podrían ser utilizadas en la preparación del concreto:

- i. Aguas de pantano y ciénaga, siempre que la tubería de toma esté instalada de manera tal que queden por lo menos 60 cm. de agua por debajo de ella, debiendo estar la entrada de una rejilla o dispositivo que impida el ingreso de pasto, raíces, fango, barro o materia sólida.
- ii. Agua de arroyos y lagos.
- iii. Aguas con concentración máxima de 0.1% de SO<sub>4</sub>.
- iv. Agua de mar, dentro de las limitaciones que en la sección

correspondiente se indican.

- v. Aguas alcalinas con un porcentaje máximo de 0.15% de sulfates o cloruros.

#### 2.3.4 Aguas prohibidas.

Está prohibido emplear en la preparación del concreto:

- Aguas ácidas. En general, el agua de mezclado que contiene ácido clorhídrico sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10,000 ppm no tiene un efecto adverso en la resistencia. Las aguas ácidas con valores pH menores que 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible.
  - Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas; naturales.
  - Aguas provenientes de minas o relaves.
  - Aguas que contengan residuos industriales.
  - Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
  - Aguas que contengan algas: materia orgánica: humus; partículas de carbón; turba; azufre; o descargas de desagües.
  - Aguas que contengan ácido úrico u otros ácidos orgánicos.
  - Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
  - Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado. Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5% el peso del cemento, no afecta en gran medida a la resistencia del concreto.

Sin embargo, mayores concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto. El hidróxido de potasio en concentraciones menores a 1.2% por peso de cemento tiene

poco efecto en la resistencia del concreto desarrollada por ciertos cementos, pero la misma concentración al ser usada con otros cementos puede reducir sustancialmente la resistencia a los 28 días.

- Aguas de enjuague.
- Las aguas negras típicas pueden tener aproximadamente 400 ppm de materia orgánica.

Luego que estas aguas se han diluido en un buen sistema de tratamiento, la concentración se ve reducida aproximadamente 20 ppm o menos. Esta cantidad es demasiado pequeña para tener efecto de importancia en la resistencia.

### 2.3.5 Requisitos del comité 318 del ACI.

- El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- No deberá emplearse en concreto agua no potable, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.

### 2.3.6 Efectos de las impurezas en el agua.

- a. **El carbonato de sodio;** puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que lo bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales

pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días.

- b. Cloruros;** la inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del preesfuerzo.

Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (PH 12.5) presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducir en el concreto, ya sea con los ingredientes separados – aditivos, agregados, cemento, y agua – o a través de la exposición a las sales anticongelantes, al agua de mar, o al aire cargado de sales cerca de las costas. El agua que se utilice en concreto pre esforzado o en un concreto que vaya a tener embebido aluminio no deberá contener cantidades nocivas de ion cloruro. Las aportaciones de cloruros de los ingredientes distintos al agua también se deberán tomar en consideración. Los aditivos de cloruro de calcio se deberán emplear con mucha precaución.

### 2.3.7 Muestreo.

El muestreo del agua de mezclado se efectuará de acuerdo en lo indicado en la Norma **NTP 339,070** ó **ASTM D 75**. Se tendrá en consideración que:

- a. En las especificaciones de la obra (Expediente técnico) se indicara la frecuencia de muestreo caso contrario es la Supervisión quien determinará la frecuencia de la toma de muestras.
- b. Las muestras remitidas al laboratorio serán representativas



del agua tal como será empleada. Una sola muestra de agua puede no ser representativa si existen variaciones de composición en función del tiempo como consecuencia de las variaciones climáticas u otros motivos.

- c. Si se duda de la representatividad de la muestra, se deberán tomar muestras periódicas a distintas edades y días o, a la misma hora en distintos lugares, igualmente cuando se presume que haya variado la composición del agua.

Cada muestra tendrá un volumen mínimo de 5 litros, se envasarán en recipientes de plástico o vidrio incoloro, perfectamente limpios cerrados herméticamente.

#### 2.3.8 Ensayos.

El agua se ensayará de acuerdo a lo indicado en la Norma **NTP 339.088**, iniciado el proceso de construcción podría ser necesario nuevos ensayos a intervalos regulares en los siguientes casos:

- a. Las fuentes de suministro sean susceptibles de experimentar variaciones apreciables entre la estación seca y la húmeda.
- b. Exista la posibilidad que el agua de la fuente de abastecimiento pueda haber sido contaminada con un volumen excesivo de materiales en suspensión debido a una crecida anormal.
- c. El flujo de agua disminuya al punto que la concentración de sales o materia orgánica en el agua pueda ser excesiva.

#### 2.3.9 Normas técnicas peruanas para el agua del concreto.

Para el ensayo del agua se tendrán en consideración las siguientes Normas:

**NTP 339.070:** Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland.

**NTP 339.071:** Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.

**NTP 339.072:** Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.

**NTP 339.073:** Método de ensayo para determinar el pH de las aguas.

**NTP 339.074:** Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.

**NTP 339.075:** Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.

**NTP 339.076:** Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.

## 2.4 ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DE AGREGADO GLOBAL.

Es el material compuesto de agregado fino y grueso de origen natural o artificial en proporciones adecuadas que cumplen con las especificaciones técnicas.

Desde los comienzos del empleo del concreto los investigadores vienen dedicando preferentemente atención a la granulometría del total de agregados. A esta característica particular de cada concreto lo relacionan directamente con la compacidad final de la cual dependen muchas de sus virtudes, en especial la resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad de volumen e impermeabilidad.

D`Henry Le Chatelier (1850 – 1936) primero y luego L. J. Vicat y R. Feret, fueron los precursores en la búsqueda de una composición granulométrica óptima para cada tipo de concreto.

Del “Prontuario del Hormigón” del Profesor Dr. Alfredo Hummel se ha extraído los siguientes conceptos:

“El concreto de distinta composición granulométrica requieren dosis de agua muy distinta para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad”.

“Las granulometrías discontinuas quitan trabajabilidad a las mezclas y a medida que la discontinuidad aumenta por ausencia de determinadas

fracciones granulométricas, también disminuye la trabajabilidad y la dificultad para amasar las mezclas”.

“Para una misma energía de compactación, la influencia de la composición granulométrica es mayor, cuanto menor es la cantidad de cemento y la fluidez de la mezcla”.

“Las fracciones de polvo muy fino de los agregados son devoradores de cemento, ya que se debe emplear mucho más cemento para recubrir su enorme superficie específica”.

Consideramos estas cuatro expresiones como básicas en la búsqueda de una granulometría que pueda resultar la óptima.

En los Estados Unidos de América, Richard B. Fuller y J. Thompson proponen en 1917 una curva granulométrica continua y basan en ella un método de dosificación científica de concretos que la bibliografía registra como “método de Fuller”. Fuller sustentaba la tesis de que “la calidad de un concreto no depende solamente de la cantidad de cemento que se coloque en la mezcla, sino que, usando agregados con una curva granulométrica más adecuada pueden mejorarse la resistencia mecánica y otras características que hacen a la bondad del mismo.

En 1925 en Suiza, el Profesor Bolomey propone también una curva granulométrica continua, pero que también incluía el cemento. En la misma época el Profesor Caquot, en Francia, encontró una solución matemática para la composición granulométrica de los concretos. Por un lado determinó que agregados y a la superficie de las paredes que los contienen (Efecto pared).

Estos conceptos teóricos de Caquot fueron luego utilizados, también en Francia por Faury y Joisel para su aplicación práctica en sus métodos de dosificación de concretos por “curvas de referencia”.

¿Qué es una curva de referencia?, podemos definirla como la curva granulométrica resultante de la mezcla en proporciones variables de granos finos, medianos y gruesos que se considera óptimo para ese tipo de concreto. Se parte de esa curva, como elemento teórico y con los

materiales disponibles se hacen variar las proporciones de los distintos tamaños hasta llegar a una aproximación razonable a los fines prácticos.

En la actualidad todo es más fácil, pues e ha llegado al punto en que las curvas de referencia han sido normalizadas para los distintos tamaños máximos (o nominales) del agregado grueso. Además de los franceses las usan los Italianos, españoles y alemanes en otros. Por ejemplo la norma DIN 1045 tiene normalizados curvas límites para el total de agregado de los tamaños nominales 8 mm, 16 mm, 31.5 mm y 63 mm.

#### **2.4.1 Descripción del método.**

El propósito del diseño de mezclas es seleccionar las proporción es más económicas de cada uno de los materiales disponibles para producir un concreto en el estado endurecido, de la mínima calidad requerida, generalmente especificada en términos de esfuerzo de compresión y durabilidad, y en el estado plástico en términos de su trabajabilidad y cohesión.

Por muchos años la calidad del concreto y las proporciones de la mezcla estuvieron consideradas como sinónimas, de modo que el proceso de diseño de mezcla, fuera lo más simple posible. La experiencia muestra que una mezcla por volumen de cemento, agua, arena y piedra, fue satisfactoria para muchos tipos de trabajos, sin embargo en el transcurso del tiempo, se encontró que la calidad de dichos concretos, evaluada en función de alguna propiedad, estaba lejos de ser constante.

Hay ahora una tendencia a cambiar las especificaciones de modo que, en lugar de plantear las mezclas a utilizar, solamente las propiedades requeridas del concreto están dadas.

El diseño de la mezcla es entonces la responsabilidad del contratista, que es libre de hacer el mejor uso de suministros disponibles de agregado, y hay generalmente un ahorro en el costo del concreto debido a que las proporciones no están ahora

arregladas arbitrariamente a encontrar las peores condiciones que pueden ocurrir en cualquier trabajo similar.

El diseño de mezclas por lo tanto se convierte en una parte importante del trabajo, y cumplimiento con la especificación, debería estar elaborado conjuntamente con un grado apropiado de control de calidad.

#### **2.4.2 Límites del módulo de finura.**

Como hemos mencionado anteriormente se ha dado diversas curvas granulométricas que establecen zonas dentro de las cuales cualquier granulometría del agregado global es adecuada, y como cada curva granulométrica tiene su propio módulo de finura entonces se generan límites entre los módulos de finura.

Los límites de la zona de referencia, consideran también otro aspecto importante, que es la heterogeneidad del agregado. El agregado por estos compuestos de partículas heterogéneas en cuanto a tamaño, está sujeto durante el manejo a segregación. Aunque esta aspecto tiene que ser cuidado especialmente, de manera que a la mezcladora entre un agregado lo más homogéneo posible.

Este efecto hace los límites de la zona de referencia tengan que ser un poco más reducidos que lo que se podría estimar teóricamente, para que en la práctica cualquier agregado con un control adecuado se mantenga siempre en una composición granulométrica apropiada.

Un estudio más específico de las posibilidades granulométricas de determinado agregado, solo es necesario en casos especiales. En estos casos para optimizar la granulometría de un agregado, se emplea el sistema de pruebas prácticas de laboratorio, haciendo concretos con distintas granulometrías de agregados, viendo en qué sentido mejorar las propiedades del material y afinando cada vez más. El número de estas pruebas puede

quedar muy reducido si previamente se consideran las características del agregado de que se dispone y se programa el trabajo de acuerdo a ellas.

#### **2.4.3 Concreto con agregado global.**

Tanto las propiedades del agregado como del cemento presentan marcados efectos en la resistencia y durabilidad del concreto, así como en el contenido de agua necesario para colocarlo.

En principio se puede admitir que se las fuentes de suministro de los integrantes del concreto son uniformes y se mantienen constantes, pequeñas variaciones en la granulometría y en el tamaño máximo de los agregados, así como en el contenido de cemento y en la trabajabilidad del concreto, no afectan apreciablemente la resistencia siempre y cuando la calidad de la pasta de cemento definidas por la relación agua/cemento se mantenga constante.

En cambio, si las fuentes de suministro varían, como en el caso de cambios de calidad en el cemento o cuando ocurren cambios en las fuentes de suministros de los agregados. Pueden producirse alteraciones importantes en la resistencia aun cuando la relación agua/cemento sea mantenida constante.

#### **2.4.4 Diseño y dosificación.**

El diseño está relacionado a la forma en que nosotros asumamos las propiedades que consideremos más importantes que debe cumplir el concreto en su estado fresco y endurecido, y que son obtenidos mediante cambios en las proporciones de los componentes del concreto.

**Aspectos que se tuvo para el estudio.**

- Los concretos de distinta composición granulométrica requieren dosis de agua muy distinta para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad.
- Las granulometrías discontinuas quitan trabajabilidad a las mezclas y a medida que la discontinuidad aumenta por ausencia de determinadas fracciones granulométricas, también disminuye la trabajabilidad y la dificultad para amasar las mezclas.
- Para una misma energía de compactación, la influencia de la composición granulométrica es mayor, cuando menor es la cantidad de cemento y fluidez de la mezcla.
- Las fracciones de polvo muy fino de los agregados son devoradores de cemento, ya que se debe emplear mucho más cemento para cubrir su enorme superficie específica.

**2.5 COBERTURAS ORGANICAS****2.5.1 Paja o Ichu**

El ichu cuenta con una buena conductividad térmica, lo que permite retener el calor en un ambiente y actuar como aislante térmico. “Este proyecto busca mitigar los efectos del friaje en viviendas de escasos recursos en zonas altoandinas de nuestro país. Nuestros estudiantes generan soluciones con conciencia social, buscamos que ellos realicen proyectos que agrupan ingeniería, tecnología, innovación y mucho trabajo en equipo. Con el asesoramiento de investigadores y profesores, generan soluciones reales a problemas reales” (UTECH y MIN, 2013).

Con el propósito de disminuir el efecto de las condiciones climáticas adversas en las regiones alto-andinas, un grupo de estudiantes de UTECH y del MIT, bajo la supervisión de profesores

de ambas instituciones, evaluaron y caracterizaron en el laboratorio según las normas ASTM las propiedades térmicas y físicas de fibras naturales como el ichu, obteniéndose resultados muy prometedores como que el ichu permite conservar el calor y funcionar como aislante térmico.

La paja se ha usado siempre como material de construcción. A principios de 1900, campesinos norteamericanos la emplearon en las paredes de sus viviendas. Ahora, las pacas de paja son un material favorito para quienes quieren una vivienda con alto aislamiento, uso de energía eficiente y construida con materiales favorables al medio ambiente. Las viviendas construidas con pacas de paja son durables, calientes en el invierno y frescas durante el verano, resistentes al fuego, y son cómodas (Laura, 2011).

### **2.5.2 Estiercol**

Tanto el estiércol como los purines son una mezcla de las heces de los animales con los orines y la cama. El estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, mientras que los purines lo son como líquidos. El estiércol además de contener heces y orines puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene serrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del ganado, así como agua procedente de los bebederos, de la limpieza de los establos o de lluvia, y todo tipo de materiales que puedan entrar en un establo (Iglesias, 1995).





## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. AMBITO DE ESTUDIO

José Domingo Choquehuanca es un distrito de la provincia de Azángaro en el departamento peruano de Puno, bajo la administración del Gobierno regional de Puno. Con una densidad poblacional de 74,4 personas por km<sup>2</sup>. Abarca un área total de 69,73 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicado en las coordenadas 14° 59' 47" S; 70° 16' 22" O. Según el INEI, José Domingo Choquehuanca tiene una superficie total de 69,73 km<sup>2</sup>. José Domingo Choquehuanca se encuentra situado al oeste de la Provincia de Azángaro, en la zona norte del departamento de Puno y en la parte sur del territorio peruano. Se halla sobre una altura de 3.888 msnm. Con climas frío y seco, donde se presentan fuertes heladas en el invierno desde los meses de abril a setiembre, en donde es difícil realizar actividades de ingeniería.

#### 3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 3.2.1. Variables independiente (Xi).

- Estiércol del guano del corral.
- Paja o ichu del altiplano.

##### 3.2.2. Variable dependiente (Yi).

- Resistencia optimo mediante la cubierta con manto protector.

### 3.2.3. Operacionalización de variables.

#### A. Dimensiones.

**Variable independiente (X).** Las dimensiones identificadas para la variable independiente:

$X_1$  = Estiércol de ovino.

$X_2$  = Paja del altiplano.

**Variable dependiente (Y).** Las dimensiones identificadas para la variable dependiente:

$Y_1$  = Eficacia en el planeamiento y programación.

$Y_2$  = Eficiencia de la mano de obra.

#### B. Indicadores.

Los indicadores para la variable independiente:

$X_1$  = Resistencia optima en tiempos de helada.

Los indicadores para la variable dependiente:

$Y_1$  = Durabilidad del concreto.

$Y_2$  = Resistente en pavimentos rígidos.

### 3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

El diseño de mezclas, es una secuencia ordenada de procedimientos, que conforman un método de diseño con el objetivo de calcular las proporciones de los materiales componentes de la mezcla. Se aplican criterios teóricos experimentales según las características físicas y mecánicas de los agregados, del tipo del cemento a utilizar, de las características plásticas y las resistencias mecánicas del concreto requerido, de las condiciones de las obras a las que estará expuesto y del tipo de aditivo que se utilizara. Hasta el proceso de fraguado del

concreto, a fin de lograr las mejores resistencias del concreto según los diseños especificados.

Los métodos de: el método del ACI-211, módulo de finura, Fuller, y experimental, agregado global. Todo este estudio estará basado en los parámetros de una resistencia que variaron según la relación agua/cemento de 0.65 y 0.55, con un asentamiento plástico de 3" a 4", se buscó una buena resistencia y durabilidad del concreto optimizando en el diseño de mezclas, el comportamiento del concreto cumplió con las propiedades en estado fresco, una mezcla que conserve su consistencia mediante un tiempo prolongado y permita una adecuada trabajabilidad y en estado endurecido se espera obtener los valores de la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral.

Es el material compuesto de agregado fino y grueso de origen natural o artificial en proporciones adecuadas que cumplen con las especificaciones técnicas.

Desde los comienzos del empleo del concreto los investigadores vienen dedicando preferentemente atención a la granulometría del total de agregados. A esta característica particular de cada concreto lo relacionan directamente con la compacidad final de la cual dependen muchas de sus virtudes, en especial la resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad de volumen e impermeabilidad.

Consideramos estas cuatro expresiones como básicas en la búsqueda de una granulometría que pueda resultar la óptima.

El diseño de mezclas por lo tanto se convierte en una parte importante del trabajo, y cumplimiento con la especificación, debería estar elaborado conjuntamente con un grado apropiado de control de calidad.

La secuencia seguida es la típica para cualquier diseño de mezclas, las proporciones calculadas para el concreto patrón serán las mismas para los concretos de diferentes relaciones agua cemento, se trabajó con dos relaciones agua/cemento de 0.55 y 0.65, y una vez halladas las proporciones óptimas de agregados con esas proporciones vaciaremos

todas las probetas para aplicar los diferentes tipos de curados de estiércol y paja.

Se ha calculado las proporciones de los agregados para a/c 0.55; primeramente se vació probetas con diferentes proporciones de agregados, ya sea 40% de fino y 60% de piedra, 45% de fino y 55% de piedra, 50% de fino y 50% de piedra, 55% de fino y 45% de piedra, con una misma cantidad de cemento y luego posteriormente todas estas probetas fueron ensayadas a los 7 días y se vio diferentes resistencias para las diferentes proporciones de los agregados.

Seguidamente a todo esto se tomaron todo los resultados cuya mezcla cumplían con un Slump de 3" a 4" luego a todo ello se sacó el promedio y la mejor combinación de proporción que alcance mayor resistencia ella se tomara para la ejecución de toda la tesis.

Para obtener la mejor combinación de agregado fino y grueso, se ha fabricado concretos con distintas proporciones de arena y piedra, para las dos relaciones a/c, 0.45, y 0.55. La finalidad de este ensayo preliminar es obtener el concreto con mejor resistencia y que al mismo tiempo presente mejor trabajabilidad en el estado fresco.

Para la elección final de la combinación también se tuvo en cuenta el ensayo PUC de la combinación de los agregados y obviamente los husos de la norma.

Se presentan los resultados de la verificación de las proporciones de agregados hallados en los ensayos de compresión a los 7 días de edad, preparándose las probetas de concreto con las tres proporciones más cercanas al máximo peso unitario compactado. Se presenta la gráfica que comprueba o corrige las proporciones de los agregados. En el informe se confirmaron 60% de Piedra y 40% de Arena.

El cálculo de la curva de la granulometría del agregado global se realizó con las proporciones de arena y piedra que intervinieron en el diseño de mezcla.

Para un primer tanteo se tuvo que utilizar como referencia la tabla del ACI, que nos da la cantidad de agua de  $195 \text{ lt/m}^3$  para una relación  $a/c = 0.55$  y para el diseño final se obtuvo  $178 \text{ lt/m}^3$ .

El curado consistió en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién vaciado, de manera que pueda desarrollar las propiedades deseables. La resistencia y durabilidad del concreto se desarrollarán en todo su potencial sólo si se cura adecuadamente un concreto con el agua durante el día. Por fuertes oscilaciones térmicas presente el efecto de una evaporación mayor causa frecuentemente grietas por contracción plástica y baja la resistencia en la superficie.

El estacionamiento de los testigos se realiza en construcciones provisionarias realizadas en el lugar de la obra, en cajones de madera y zunchados, en depósitos de arena húmeda o siempre que el clima sea favorable cubriéndolas los testigos con estiércol, paja y al intemperie, para mantener al concreto a la temperatura apropiada mucho antes de la fecha en que se espera que la temperatura caiga debajo del punto de congelación. Para la colocación de concreto con tiempo frío se tuvo en cuenta lo siguiente:

Los diseños de mezclas de concreto desarrolladas para su colocación a temperaturas más frías normalmente tuvieron mayor cantidad de cemento que aquellas usadas con climas calurosos.

Dado que el concreto necesitará más tiempo para fraguar, también existe un cierto peligro de agrietamiento por contracción plástica, especialmente si el concreto está mucho más caliente que el aire del ambiente o si sopla viento.

Las temperaturas en todos los años y específicamente en los meses de Mayo Junio, Julio y Agosto, son las más bajas de cada año y esto no permite realizar óptimos trabajos en la construcción de obras debido a que estas temperaturas se presentan incluso bajo cero, y en referente a trabajos con concreto se debe de tener todas las precauciones del caso.

Se tiene conocimiento que para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos  $13^{\circ}\text{C}$ , lo cual como ya se mencionó en nuestra zona son aun menores las temperaturas, y las más bajas se dieron en el mes de **junio y julio** en el presente año, se tuvo que estar diariamente con un termómetro Descripción de los curados de losas realizados.

Todo los sistemas de curados fueron realizados en la intemperie a diferencia del laboratorio y en los meses más fríos del año, esto para una mayor simulación lo que es en obra real; y los resultados que se obtuvieron de cada sistema de curado se observó diferentes resistencias a los 7, 14, 28 días, tanto para concretos de relación agua/cemento 0.55 y para concretos de relación agua/cemento 0.65, todo este trabajo se realizó con 02 losa de  $50 \times 50$  cm. de área con 15 cm. de altura de losa para proteger con estiércol de corral, 02 losa de  $50 \times 50$  cm. de área con 15 cm. de altura para proteger con paja y 01 losa de concreto losa de  $50 \times 50$  cm. de área con 15 cm. de altura esto sin protección al intemperie losa de  $50 \times 50$  cm. de área con 15 cm. de altura.

Curado con estiércol de corral. Este sistema que se ha planteado es una de las primeras alternativas y el objetivo es de poder visualizar, que si curando el concreto como el caso anterior y cubriéndolas con estiércol se puede solucionar este problema del congelamiento del concreto. Pero para visualizar todo ello pasaremos a detallar como es que se realizó dicho sistema, los testigos y losas después de ser vaciadas fueron sacadas al aire libre y se curaba 2 veces al día rociando agua en los testigos durante 3 a 5 min. como se suele hacer en las obras esto solo en el día y por las noche se dejaba en la intemperie y sin ningún tipo de recubrimiento, este método es lo que simulará la obra real, con estiércol y paja, y este sistema que se realizó como ya se había adelantado no dio buenos resultados debido al inmenso frío que se tuvo en distrito de José Domingo Choquehuanca en estos meses, pero estos resultados se mostraran para tomar conciencia de que no simplemente se debe de curar el concreto con curado clásico, más al contrario debemos de tener mucha

precaución para curar el concreto para que así el concreto pueda desarrollar resistencia normalmente en estos meses fríos.

Para analizar las eficiencias de protección con cobertores orgánicos, como se mencionó se vaciaron losas de 0.50 m x 0.50 m x 0.15 m de espesor y estas serán ensayadas con un esclerómetro a los 28 días. En cada una de las muestras tomadas en la fase de investigación, para realizar sus posteriores comparaciones.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 DISEÑO DE MEZCLAS.

El diseño de mezclas, es una secuencia ordenada de procedimientos, que conforman un método de diseño con el objetivo de calcular las proporciones de los materiales componentes de la mezcla. Se aplican criterios teóricos experimentales según las características físicas y mecánicas de los agregados, del tipo del cemento a utilizar, de las características plásticas y las resistencias mecánicas del concreto requerido, de las condiciones de las obras a las que estará expuesto y del tipo de aditivo que se utilizara.

##### 4.1.1 Método de diseño de mezcla.

Existen varios métodos para el diseño de mezclas, existen el método del ACI, método del módulo de finura, método de Fuller, método experimental, etc., de los cuales uno de los más conocidos es el método del ACI-211, con la diferencia que las proporciones de los agregados se calcularon con el método del agregado global.

Se tomó con mucho cuidado en la dosificación de la mezcla, puesto que el diseño de mezclas no es un procedimiento automático.

Todo este estudio estará basado en los parámetros de una resistencia que varían según la relación agua/cemento de 0.55 y 0.65, con un asentamiento plástico de 3" a 4", se busca una buena resistencia y durabilidad del concreto optimizando en el diseño de mezclas, el comportamiento del concreto deberá cumplir con las propiedades en

estado fresco, una mezcla que conserve su consistencia mediante un tiempo prolongado y permita una adecuada trabajabilidad y en estado endurecido se espera obtener los valores de la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral.

#### **4.1.2 Secuencia de diseño de mezcla para el concreto patrón.**

La secuencia seguida es la típica para cualquier diseño de mezclas, las proporciones calculadas para el concreto patrón serán las mismas para los concretos de diferentes relaciones agua cemento, se trabajó con dos relaciones agua/cemento de 0.55 y 0.65, y una vez halladas las proporciones óptimas de agregados con esas proporciones vaciaremos todas las probetas para aplicar los diferentes tipos de curados.

##### *4.1.2.1 Cálculo de las proporciones de los agregados para a/c 0.55*

###### *A. Primer método.*

###### **Paso N° 1**

Primeramente se vació probetas con diferentes proporciones de agregados, ya sea 40% de fino y 60% de piedra, 45% de fino y 55% de piedra, 50% de fino y 50% de piedra, 55% de fino y 45% de piedra, con una misma cantidad de cemento y luego posteriormente todas estas probetas fueron ensayadas a los 7 días y se vio diferentes resistencias para las diferentes proporciones de los agregados, y los resultados los pasaremos a detallar en el cuadro N° 3.1.

**Cuadro 4.1:** Concreto patrón rotura a los 7 días.

<b>Concreto patrón rotura a los 7 días</b>								
Proporción	a / c	Slump pulgada	Peso Test Gramos	Diam. cm.	Altura cm.	Agua M3	Carga libra	Resistencia kg / cm <sup>2</sup>
45% P, 55% F	0.55	3 1/2	12350	15.2	30.5	185	45000	112.59
45% P, 55% F	0.55	3 1/2	12300	15.2	30.5	186	35000	87.57
45% P, 55% F	0.55	3 1/2	12360	15.2	30.7	187	42000	105.08
50% P, 50% F	0.55	2 3/4	11560	14.9	30.2	184	48000	124.98
50% P, 50% F	0.55	3 1/4	12410	15.2	30.5	187	49500	123.85
50% P, 50% F	0.55	2 1/2	12440	15.3	30.6	183	37000	91.37
50% P, 50% F	0.55	3 1/4	12330	15.3	30.6	186	43000	106.18
50% P, 50% F	0.55	3 1/2	12380	15.2	30.6	186	39000	97.58
55% P, 45% F	0.55	3 1/4	12520	15.3	30.7	182	47000	116.06
55% P, 45% F	0.55	3 1/2	12450	15.3	30.4	183	34000	83.96
55% P, 45% F	0.55	3 1/8	12530	15.3	30.4	186	44000	108.65
55% P, 45% F	0.55	3 1/2	12490	15.3	30.5	183	51000	125.94
58% P, 42% F	0.55	3	11580	14.9	30.2	182	38000	98.94
58% P, 42% F	0.55	3 1/2	12360	15.6	30.6	179	39000	92.64
58% P, 42% F	0.55	4 1/4	12380	15.3	30.5	187	35000	86.43
60% P, 40% F	0.55	5	12400	15.2	30.4	187	46000	115.09
60% P, 40% F	0.55	5	12500	15.2	30.2	185	46000	115.09
60% P, 40% F	0.55	3 1/8	11580	14.9	30.1	178	37000	96.34
60% P, 40% F	0.55	3 1/2	11700	14.8	30.1	178	48000	126.67
60% P, 40% F	0.55	6	12500	15.2	30.7	192	62000	155.12
60% P, 40% F	0.55	3 1/4	12570	15.3	30.7	184	49500	122.23
62% P, 38% F	0.55	3 1/4	12450	15.2	30.3	178	39000	97.58
62% P, 38% F	0.55	3 1/2	11520	14.9	30	177	48000	124.98
62% P, 38% F	0.55	2 3/4	11560	14.8	30	175	53500	141.19

Fuente: Elaborado a base de pruebas realizadas.

**Paso Nº 2**

Seguidamente a todo esto se tomaron todo los resultados cuya mezcla cumplieran con un Slump de 3" a 4" luego a todo ello se sacó el promedio y la mejor combinación de proporción que alcance mayor resistencia ella se tomara para la ejecución de toda la tesis y el cuadro resumen que cumplen con el Slump de 3" a 4" se muestra en el cuadro N° 3.2.

**Cuadro 4.2:** Slump de la mezcla.

Proporciones	Óptimos	Promedio kg./cm <sup>2</sup>
45% P, 55% F	112.59 87.57 105.08	101.75
50% P, 50% F	123.85 106.18 97.58	109.2
55% P, 45% F	116.06 83.96 108.65 125.94	108.65
58% P, 42% F	98.94 92.64	95.79
<b>60% P, 40% F</b>	96.34 126.67 122.23	<b>115.08</b>
62% P, 38% F	124.98 97.58	111.28

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

Como se ve el recuadro donde indica la proporción de 60% de piedra y 40% de fino, es la más alta en cuanto a resistencia a la compresión y con estas proporciones se trabajó hasta el final de la tesis.

### Segundo método "agregado global"

Este método está basado en el criterio del mejor acomodo de los gruesos y los finos, a esta característica le corresponde el valor del máximo Peso Unitario Compactado (PUC), ya que nos permitió una mejor compacidad del agregado y posterior un mejor concreto con menor permeabilidad.

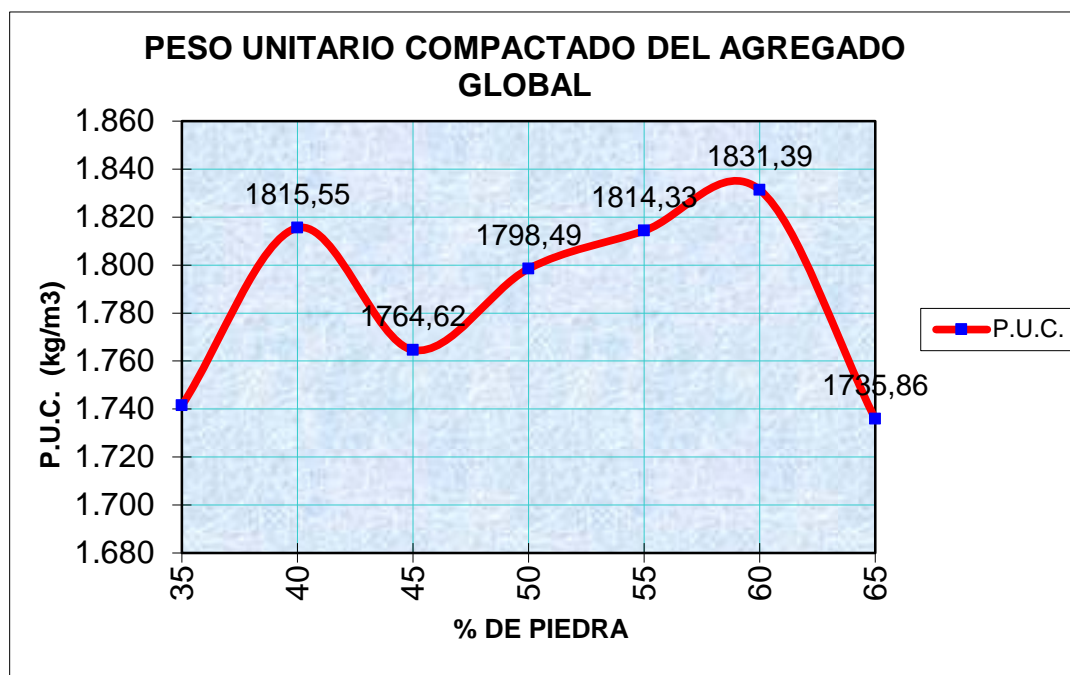
Para hallar las proporciones óptimas se obtienen varios valores probables y luego se les gráfica eligiéndose el par correspondiente al pico mayor de la curva.

**Cuadro 4.3:** Cálculo de los peso unitario compactado P.U.C.

COMB.	%	%	M.F.	M1	M2	M3	PROM	PUC
	PIED	AREN	GLOBAL	Kg	kg	kg	kg	kg/m3
1	35	65	4,44	23,55	23,98	23,93	23,82	1741,5
2	40	60	4,63	24,94	24,61	24,95	24,83	1815,5
3	45	55	4,82	24,27	23,88	24,26	24,14	1764,6
4	50	50	5,01	24,43	24,57	24,8	24,60	1798,5
5	55	45	5,21	24,38	25,06	25,01	24,82	1814,3
6	60	40	5,4	24,94	25,06	25,15	25,05	1831,4
7	65	35	5,59	23,92	23,74	23,57	23,74	1735,9

Volumen de la Vasija = 0,01368

Fuente: Elaborado a base de pruebas realizadas



**Gráfico 4.1:** Peso unitario compactado del agregado global.

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.

Del gráfico anterior se tomó el punto más alto de peso unitario compactado cuyo valor tiene 1831.39 kg/m<sup>3</sup> lo cual nos permite utilizar las siguientes proporciones de agregado para todo el

trabajo del informe, y es 60% de piedra y 40% de fino, con estas proporciones se llegó a una mejor compacidad del agregado, a la diferencia de las tablas del ACI que nos dan 65 % de piedra y 35 % fino.

Del punto más alto que nos resultó se tomó 2 % a la izquierda y 2 % a la derecha y posteriormente se vaciaron 3 probetas para cada proporción, 58 % de piedra y 42 % de fino, 60 % de piedra y 40 % de fino, 62 % de piedra y 38 % de fino, y todas estas probetas fueron ensayadas a los 7 días, se tomó el mayor de las resistencias a compresión, como vemos en el cuadro N° 3.4. Pero sin antes calcular la cantidad de agua óptima.

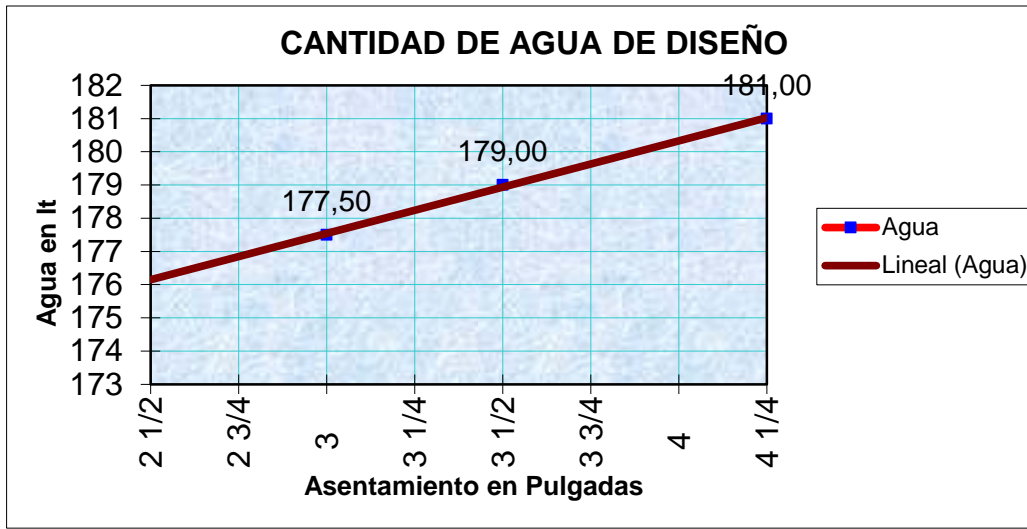
4.1.2.2 *Calculo de la cantidad de agua.*

Para el cálculo de la cantidad de agua correspondiente a un determinado Slump, se realizan diversos tanteos con el objetivo de hallar la cantidad de agua correspondiente al asentamiento requerido. En la tesis se efectuaron tres diseños con tres asentamientos cercanos de 3"- 4" pulgadas, con los datos obtenidos se dibujó una gráfica para hallar la cantidad correspondiente de agua a 3"- 4" pulgadas de asentamiento, a continuación se muestran los resultados:

**Cuadro 4.4.-** Resultados de Slump para cada cantidad de agua en tandas de prueba.

RESULTADOS DE SLUMP PARA CADA CANTIDAD DE AGUA EN TANDAS DE PRUEBA			
A. Global	58% Piedra + 42% Arena		
Agua en Lt.	177,5	179	181
Slump en pulgadas	3	<b>3,5</b>	4 ¼

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.



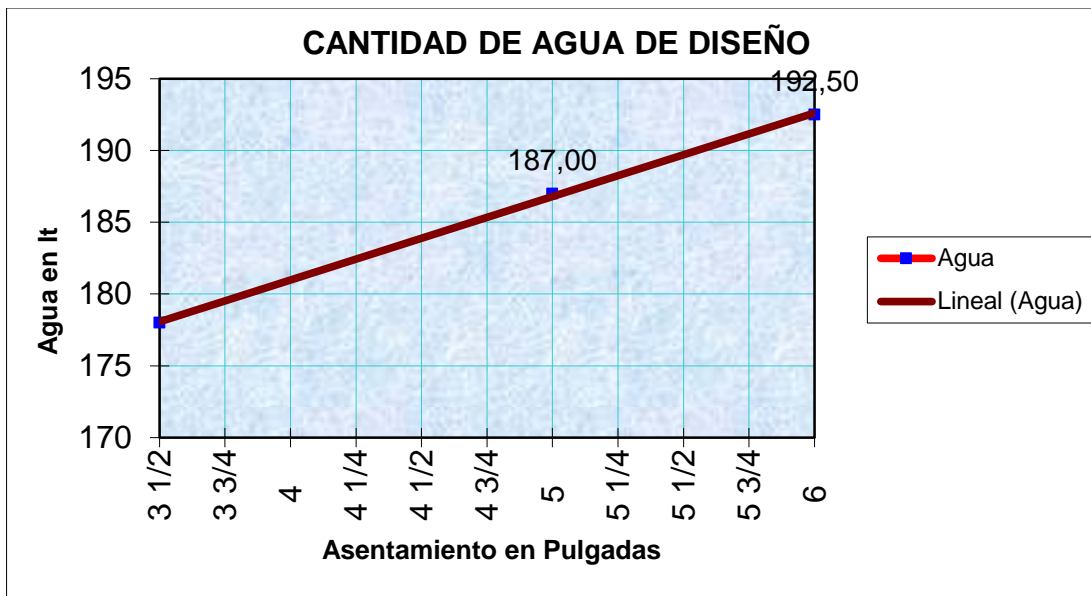
**Gráfico 4.2:** Cantidad de agua de diseño

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.

**Cuadro 4.5:** Resultados de Slump para cada cantidad de agua en tandas de prueba.

A. Global	60% Piedra + 40% Arena		
Agua en Lt.	178	187	192,5
Slump en pulgadas	3 1/2	5	6

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.



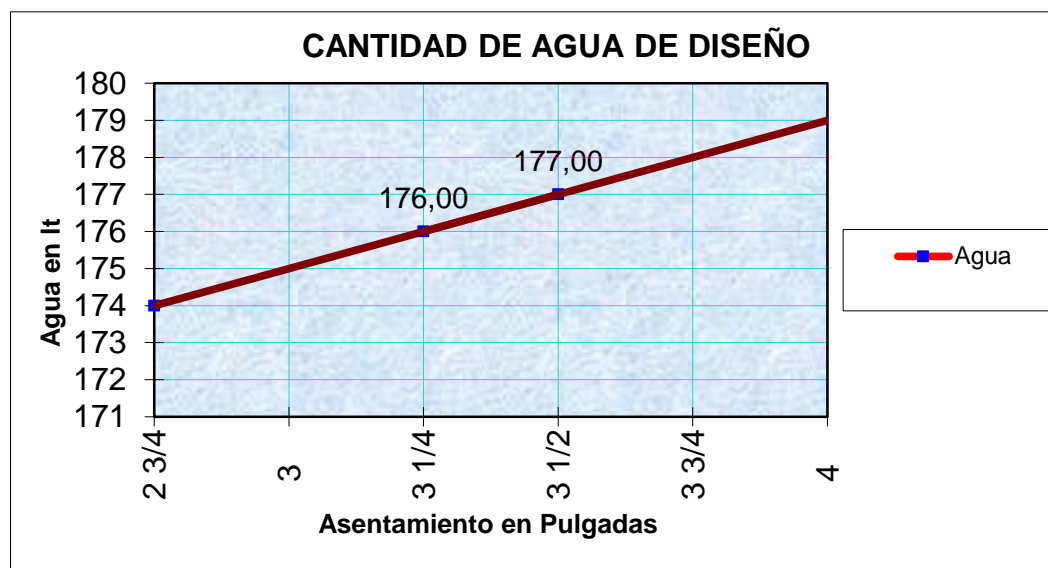
**Gráfico 4.3:** Cantidad de agua de diseño.

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.

**Cuadro 4.6.-** Resultados de Slump para cada cantidad de agua en tandas de prueba

A. Global	62% Piedra + 38% Arena		
Agua en lt	174	176	177
Slump en pulgadas	2 3/4	3 1/4	<b>3 1/2</b>

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.



**Gráfico N° 4.4:** Cantidad de agua de diseño

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

**4.1.3 Resistencia a la compresión de diseños preliminares.**

Para obtener la mejor combinación de agregado fino y grueso, se ha fabricado concretos con distintas proporciones de arena y piedra, para las dos relaciones a/c, 0.45, y 0.55. La finalidad de este ensayo preliminar es obtener el concreto con mejor resistencia y que al mismo tiempo presente mejor trabajabilidad en el estado fresco.

Para la elección final de la combinación también se tendrá en cuenta el ensayo PUC de la combinación de los agregados y obviamente los husos de la norma.

Se presentan los resultados de la verificación de las proporciones de agregados hallados en los ensayos de compresión a los 7 días de edad, preparándose las probetas de concreto con las tres proporciones más cercanas al máximo peso unitario compactado. Se presenta la gráfica que comprueba o corrige las proporciones de los

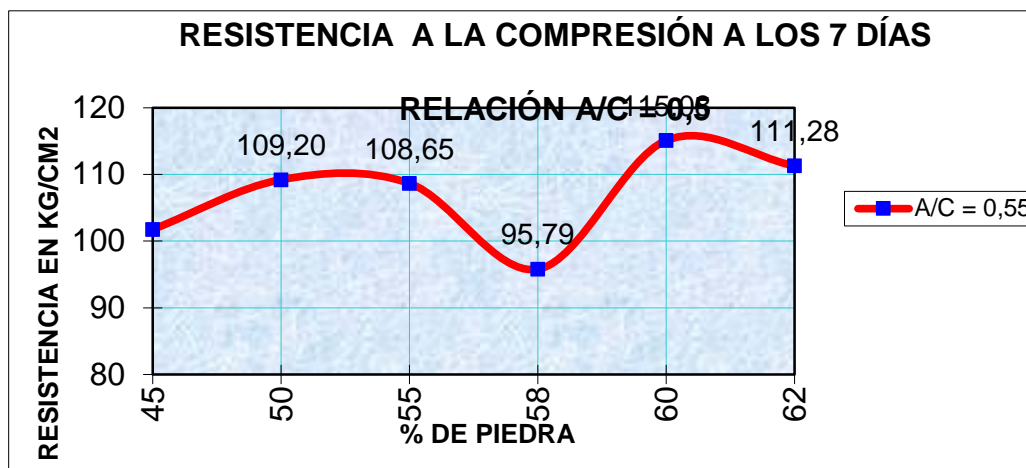


agregados. En el informe se confirmaron 60% de Piedra y 40% de Arena.

**Cuadro 4.7:** Resultados de la resistencia de pruebas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA					A/C = 0,55
COMBINACIÓN		RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>			RESISTEN
PIED	AREN	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROMEDIO
45	55	113	88	105	101,75
50	50	124	106	98	109,20
55	45	116	84	109	108,65
58	42	99	93		95,79
60	40	96	127	122	115,08
62	38	98	125		111,28

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.



**Gráfico 4.5:** Resistencia a la compresión a los 7 días relación a/c = 0.55.

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

En resumen tanto el primer método y el segundo tienen el mismo objetivo el cual es de darnos mediante laboratorio las proporciones más óptimas de agregados para nuestro diseño de mezclas el cual

como hemos podido apreciar es de 60% de piedra y 40% de fino, como se vio todo esto es para la relación agua cemento de 0.55.

**Cálculo de las proporciones de los agregados para a/c 0.45.**

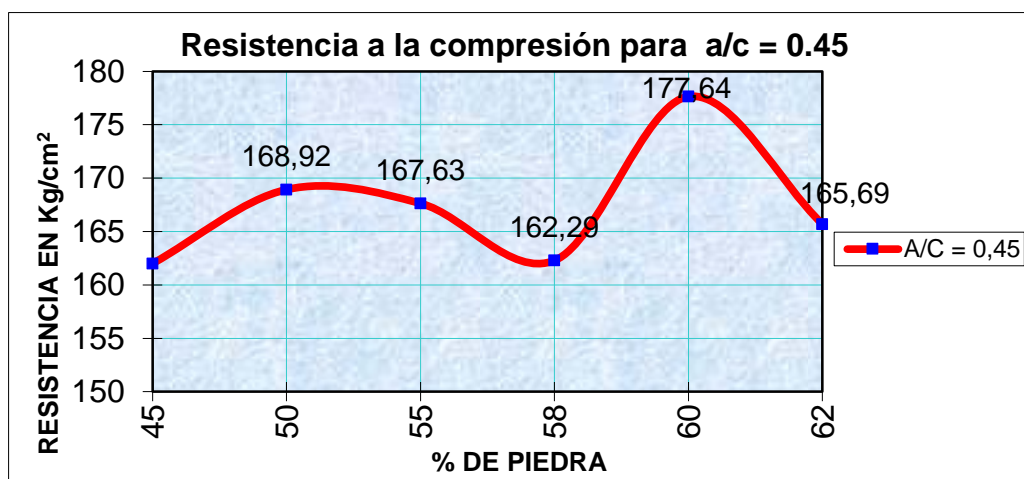
- **Por el método “probando con diferentes proporciones”**

Se probará si cumple la misma proporción de 60% de piedra y 40% de fino, para la relación agua/cemento 0.45, el procedimiento es el mismo que para la relación agua cemento 0.55 que anteriormente se realizó, veamos el cuadro 3.8.

**Cuadro 4.8:** Resistencia a la compresión para a/c = 0.45

COMBINACIÓN		RESISTENCIA EN Kg/cm <sup>2</sup>			RESISTEN
PIEDRA	AREN	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROMEDIO
45	55	156,00	168,00		162,00
50	50	172,40	165,45		168,92
55	45	180,14	155,12		167,63
58	42	177,64	146,93		162,29
60	40	177,40	177,88		177,64
62	38	170,39	160,98		165,69

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.



**Gráfico 4.6:** Resistencia a la compresión para a/c = 0.45

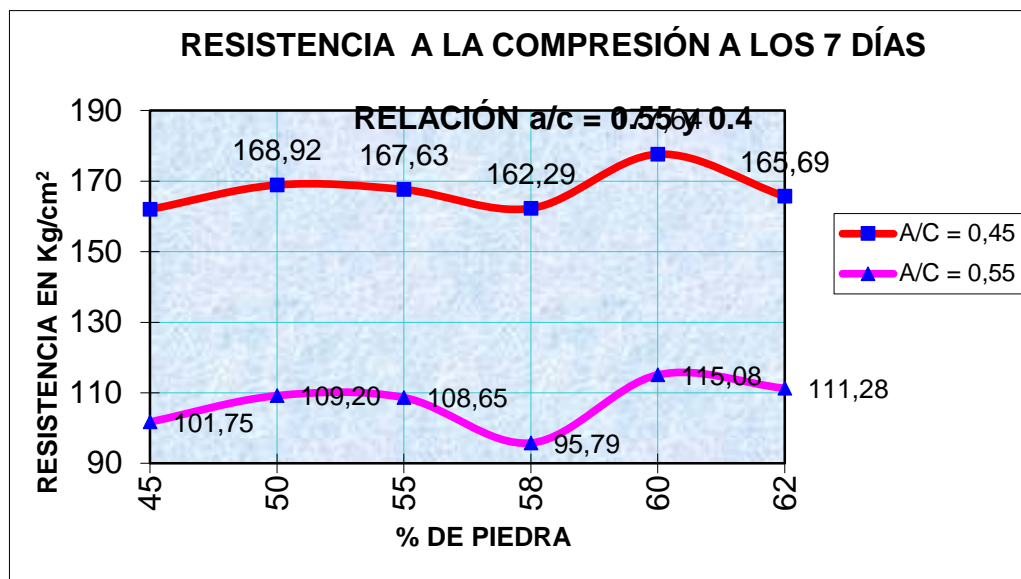
Fuente: Elaborado en base a los diseño realizado.

Como se puede apreciar el agregado con lo que se está trabajando el porcentaje 60 % de piedra y 40 % de fino es la más óptima para un

diseño de mezclas, y estas proporciones servirán para distintas relaciones agua cemento.

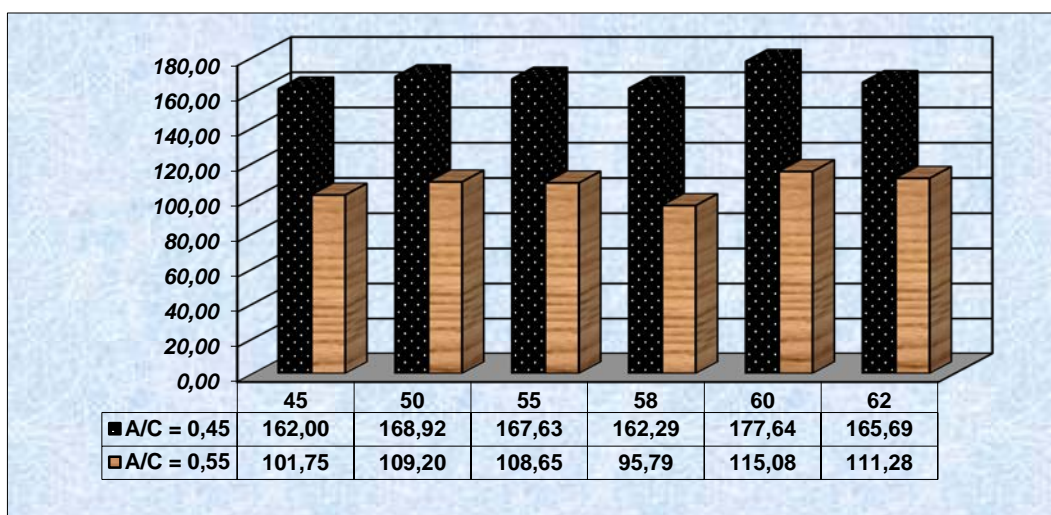
En nuestro trabajo como se mencionó se desarrolló dos relaciones agua cemento que a un principio planteamos 0.55 y 0.45, pero viendo el problema de la máquina de compresión de nuestro laboratorio que sufría en las roturas de probetas para menores relaciones agua cemento (0.45) y se vio a los 7 días que se ensayaron estas probetas, pero será mayor la dificultad si ensayamos a los 28, 60 días es por la razón que se cambió de relación agua/cemento a 0.65.

Finalmente concluimos que cualquiera sea la relación a/c que elijamos diseñar siempre llegaremos a utilizar las proporciones de 60% de piedra y 40% de fino, estas proporciones se hallaron en el laboratorio, a diferencia de las tablas del ACI que nos dan 65% de piedra y 35% de fino queremos decir que las tablas del ACI sólo se deben tomar para una primera estimación, puesto que estas tablas son generales más no para cada tipo de agregado de diferentes canteras.



**Gráfico 4.7:** Resistencia a la compresión a los 7 días relación a/c = 0.55 y 0.45

**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.



**Gráfico 4.8:** Resistencia a la compresión a los 7 días relación a/c = 0.55 y 0.45  
**Fuente:** Elaborado en base a las pruebas realizadas.

#### 4.1.4 Granulometría del agregado global

El cálculo de la curva de la granulometría del agregado global es realizado con las proporciones de arena y piedra que intervendrán en el diseño de mezcla. Los porcentajes de cada agregado son hallados con el método del agregado global, en la tesis realizada fueron de 60% de Piedra + 40% de Arena.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
			Fino	Grueso
Cantera procedencia		Tipo IP		
Tamaño máximo	Pulg.			1 1/2"
Peso específico	gr./cc	3,05	2,27	2,34
Peso unitario suelto	Kg/m3		1775	1407
Peso unitario compactado	Kg/m3		1957	1567
Contenido de humedad	%		1,66	0,40
Absorción	%		4,82	2,93
Módulo de fineza			3,09	6,94

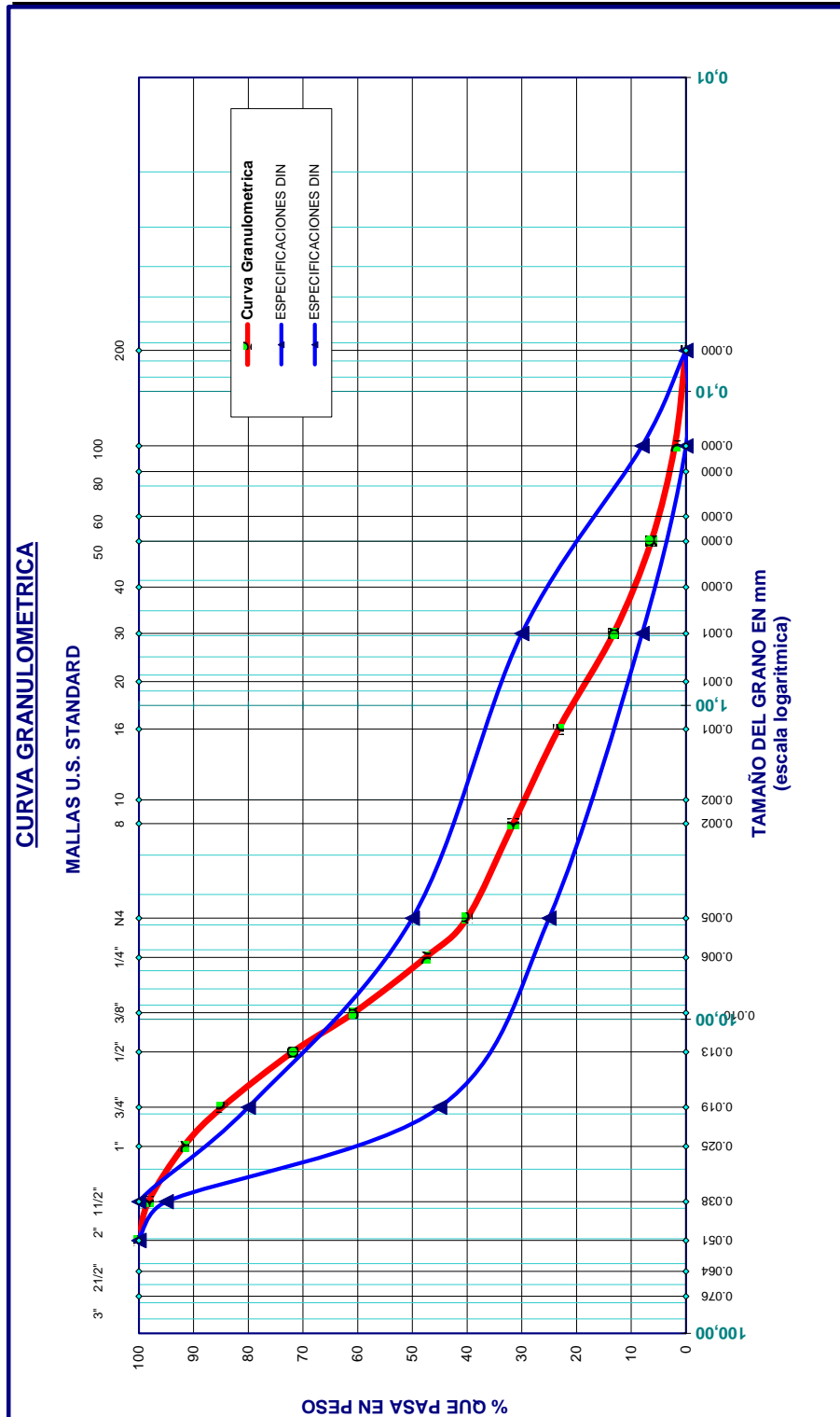
**Cuadro 4.9:** Granulometría del agregado.

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas

**Cuadro 4.10:** Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422) ensayos estándar de clasificación norma DIN.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	% QUE PASA	% QUE PASA	ARENA 40 % PIEDRA 60 %	NORMA DIN	
3"	0.076					
2 1/2"	0.064					
2"	0.051	100,00	100,00	<b>100,00</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
1 1/2"	0.038	97,12	100,00	<b>98,27</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
1"	0.025	86,35	100,00	<b>91,81</b>		
3/4"	0.019	74,63	100,00	<b>84,78</b>	<b>45</b>	<b>80</b>
1/2"	0.013	53,10	100,00	<b>71,86</b>		
3/8"	0.010	34,48	100,00	<b>60,69</b>		
1/4"	0.006	12,63	100,00	<b>47,58</b>		
No4	0.005	0,00	100,00	<b>40,00</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
No8	0.002		78,92	<b>31,57</b>		
No16	0.001		58,19	<b>23,28</b>		
No30	0.001		33,06	<b>13,22</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
No50	0.000		15,84	<b>6,34</b>		
No100	0.000		5,08	<b>2,03</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
No200	0.000		0,00			

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.



**Gráfico Nº 4.9:** Curva granulométrica.

Fuente: Elaborado en base a datos obtenidos de las pruebas realizadas.

**4.1.5 Diseño de mezcla por el método del agregado global**

Para un primer tanteo se tuvo que utilizar como referencia la tabla del ACI que nos da la cantidad de agua de 195 lt/m<sup>3</sup> para una relación a/c =0.55 y para el diseño final se obtuvo 178 lt/m<sup>3</sup>.

**Cuadro 4.11:** Diseño de mezclas.

	ACI	Agregado Global
<b>Cemento</b>	354,55	323,64
<b>Agua</b>	195,00	195
<b>% Aire</b>	1,50	1,5
<b>Tanda Kg.</b>		54
<b>a/c</b>	0,55	0,55

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

**Cuadro Nº 4.12:** Cálculo de las proporciones de la mezcla por el método del agregado global

Materiales	Cálculo	Volumen	Peso seco	Peso Húmedo	D.U.	T.O.
Cemento		0.116	354.55 kg	354.55 kg	1.000	8.85
Agua		0.195	195.00 kg	238.26 lt.	0.672	5.94
Arena			611.77 kg	621.93 kg	1.754	15.52
Piedra			945.95 kg	949.74 kg	2.679	23.69
% Aire	1.5%	0.015	Suma Total = 6.105			
Sumatoria parcial de Vol.		0.326	La T. obra es 54/6.10 = 8.845			
Volumen total de mezcla		1 m <sup>3</sup>				
Volumen corresp a los Ag		1-0.326= 0.674	El porcentaje de aire del diseño es 1.5%			
<b>Cálculo de los volúmenes de los agregados</b>						
V del agreg	Volumen total de agregado*%Agregado de material agre. glob					
V de arena	0.674*40% = 0.270 m3					
V de piedra	0.674*60% = 0.404 m3					
<b>Cálculo de los pesos secos de los agregados</b>						
Peso del Agr	Peso específico del agregado*Volumen del agregado					
Peso de arena	2270*0.270 = 611.77 kg					
Peso de piedra	2340*0.404 = 945.95 kg					
<b>Cálculo de los pesos húmedos de los agregados</b>						
P.H. de agreg	Peso seco agregado*(1+C.H. del agregado)/100					
P.H. de arena	611.77kg*(1+0.0166) = 621.93 kg					

P.H. de piedra	$945.95\text{kg} \cdot (1+0.0040) = 949.74 \text{ kg}$		
<b>Corrección del agua por agregados</b>			
C. agua por ag	Peso seco agregado*(C.H. Ag.-%Abs Agr)/100		
C.A. por arena	$611.77 \text{ kg} \cdot (1.66-4.820)/100 = -19.33 \text{ Lt}$		
C.A. por piedra	$945.95 \text{ kg} \cdot (0.40-2.930)/100 = -23.93 \text{ Lt}$		
Corrección total de agua por agregados	= - 43.26 Lt		
Agua corregida = agua de tablas – corrección total =	$195 - (-43.26) = 238.26 \text{ Lt}$		
<b>CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLA POR EL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL</b>			
Material	Peso Hum A. G.	Peso Hum. M. F.	Peso Humedad ACI
Cemento	354.55 kg	354.55 kg	354.55 kg
Agua	238.26 Lt	238.25 Lt	237.97 Lt
Arena	621.93 kg	606.92 kg	565.38 kg
Piedra	949.74 kg	966.60 kg	1007.88 kg
% Aire			

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas

En el presente cuadro se presentan los valores de cemento y agua con los que se trabajó en un primer tanteo en los diseños de mezclas en donde la relación de agua cemento no vario

El cuadro anterior de cálculo de proporciones de la mezcla se puede notar claramente como es la diferencia de un método sobre el otro en cuanto a arena y piedra donde podemos concluir que ninguno de los métodos de diseño se aproxima en valores al método del agregado global que como se vio en el concepto del agregado global tener una pasta de mejor compacidad nos brinda un concreto de menor permeabilidad y esto nos ayuda a que el agua no entre al concreto eliminando así el proceso de hielo y deshielo aumentando así la durabilidad del concreto.

**4.1.6 Secuencia del diseño de mezclas paso a paso**

Se diseñara para que las componentes del concreto cumplan antes y después de mezclado con lo siguiente:

- 1) **Agua/cemento = 0.55 y 0.65 que para este ejemplo se utilizó la relación a/c= 0.55.**



**2) Elección del asentamiento plástico de 3" a 4".**

**3) Elección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.** Este dato es obtenido mediante el análisis granulométrico del agregado grueso 1"

**4) Estimación del agua de mezclado.**

De las tablas dadas por el ACI 211 se obtiene la cantidad de agua y aire que tener la mezcla que está en función del asentamiento y del tamaño nominal máximo del agregado grueso que para nuestra primera estimación es 195 lt/m<sup>3</sup> ya que para nuestro caso la cantidad de agua se debe de calcular para diversos tanteos cercanos a los asentamientos de 3" a 4" pulgadas que nos dio para la relación a/c = 0.55 la cantidad de 178 lt/m<sup>3</sup> para la proporción de agregado fino = 40% y de Piedra = 60%.

**5) Contenido de aire.**

De la tabla N° 3.1 de la tesis para un TMN = 1" el aire atrapado es 1.5%

**6) Factor cemento.**

Como se tiene la relación a/c = 0.55 y con un agua = 195 lt/m<sup>3</sup>  
 $C = 195/0.55 = 354.55 \text{ kg/m}^3$

**7) Volumen de cemento agua y aire.**

Una vez obtenido la cantidad de cemento, agua y aire lo convertimos en unidades de volumen \*1 m<sup>3</sup>

$$C = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso específico}} = \frac{354.55 \text{ kg}}{3050 \text{ kg/m}^3} = 0.116 \text{ m}^3$$

$$C = \frac{\text{Agua}}{\text{Peso específico}} = \frac{195 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.195 \text{ m}^3$$

$$\% \text{ Aire} = \frac{1.5\%}{100\%} = 0.015 \text{ m}^3$$

Hacemos la sumatoria parcial de volumen =  $0.326 \text{ m}^3$

Y como la cantidad de mezcla estamos trabajando por una unidad cúbica ( $1 \text{ m}^3$ ), el volumen correspondiente de los Agregados sería =  $1 \text{ m}^3 - 0.326 \text{ m}^3 = 0.674 \text{ m}^3$

### 8) Cálculo de los volúmenes de los agregados.

Para este cálculo se tiene que conocer las proporciones agregado que se halló a través de las diferentes proporciones que se realizó o mediante el cálculo de los pesos unitarios compactados P.U.C. en ambos casos se logró obtener las proporciones de 60% de piedra y 40% de arena. Y con estas proporciones se puede ver que la gráfica de curva granulométrica del agregado global que en la malla #4 esta curva debe estar en el promedio de dicha especificación.

Con estas proporciones de 60% P y 40% A. se procede a hallar los volúmenes correspondientes

Vol. Agreg = Vol. total de Agreg x %Agreg de método del Agreg. Global

$$\text{Vol. De fino} = 0.674 * 40\% = 0.270 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. De piedra} = 0.674 * 60\% = 0.404 \text{ m}^3$$

### 9) Cálculo de los pesos secos de los agregados.

Peso del Agreg. = Peso específico del Agreg. \* Volumen del Agreg.

$$\text{Peso arena} = 2270 * 0.270 = 611.27 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso piedra} = 2340 * 0.404 = 945.95 \text{ kg.}$$

### 10) Los pesos húmedos de los agregados.

$$\text{P. H. del Agreg.} = \text{Peso Seco Agreg} * \left(1 + \frac{\text{C.H. de agregado}}{100}\right)$$

$$\text{P. H. Arena} = 611.27 \text{ kg} * (1 + 1.66/100) = 621.93 \text{ kg.}$$

$$\text{P. H. Piedra} = 945.95 \text{ kg} * (1 + 0.40/100) = 949.74 \text{ kg.}$$

### 11) Corrección del agua por agregados.

$$\text{C. agua por Agreg} = \text{Peso Seco Agreg} * \left(\frac{\text{C.H. agua} - \% \text{Abs. Agregado}}{100}\right)$$

$$\text{C. A. por Arena} = 611.27 * (1.66 - 4.820) / 100 = -19.33 \text{ Lt.}$$

$$\begin{aligned} \text{C. A. por Piedra} &= 945.95 * (0.40 - 2.930) / 100 = \underline{-23.93 \text{ Lt.}} \\ \text{Corrección Total de Agua por los Agregados} &= -43.26 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua corregida} &= \text{Agua de diseño} - \text{Corrección total.} \\ \text{Agua corregida} &= 195 - (-43.26) = 238.26 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

**12) Finalmente para una tanda de obra de 54 kg.**

Que representa aproximadamente para 3 probetas de concreto y es la división de la cantidad de cemento por todos los componentes de la mezcla y estas son cemento = 1, Agua = 0.672, Arena = 1.754 y Piedra = 2.679 y esta suma total es = 6.105

Y finalmente se divide la tanda de 54kg/6.105 = 8.845 procediendo a multiplicar este resultado a cada proporción de agregados y son de.

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 1.000 * 8.845 = 8.85 \text{ kg} \\ \text{Agua} &= 0.674 * 8.845 = 5.94 \text{ kg.} \\ \text{Arena} &= 1.754 * 8.845 = 15.52 \text{ kg.} \\ \text{Piedra} &= 2.679 * 8.845 = 23.69 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Este es el procedimiento de cálculo de este método que como se vio en este ejemplo es más fácil y no se necesita de tablas o ábacos para el cálculo de las proporciones de los materiales del concreto y que lo más importante radica en hallar las proporciones adecuadas de los agregados.

**4.1.7 Diseño final con la cantidad óptima de agua**

**Cuadro Nº 4.13:** Diseño final con la cantidad óptimo de agua.

	<b>ACI</b>	<b>Agreg. Global</b>
--	------------	----------------------

<b>Cemento</b>	354,55	323,64
<b>Agua</b>	195,00	178
<b>% Aire</b>	1,50	1,5
<b>Tanda Kg.</b>		54
<b>a/c</b>	0,55	0,55

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

**Cuadro Nº 4.14:** Las proporciones de la mezcla por el método del agregado global.

<b>Materiales</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Volumen</b>	<b>Pes. seco</b>	<b>Peso Hum.</b>	<b>D.U.</b>	<b>T.O.</b>
Cemento		0.106	323.64 kg	323.64 kg	1.000	8.01
Agua		0.178	178.00 kg	233.01 Lt	0.689	5.52
Arena			636.41 kg	646.97 kg	1.999	16.01
Piedra			984.05 kg	987.99 kg	3.053	24.46
% Aire	0.20%	0.015		Suma total	= 6.741	
Sumatoria parcial de vol.		0.299				
Volumen total de mezcla		1 m3	La T. obra es = 54/6.74 = 8.011			
Volumen corresp. a agre		1 - 0.299 = 0.701	El porcentaje de aire del diseño es 2%			
<b>Cálculo de los volúmenes de los agregados</b>						
Vol. De agre	Vol. Total de agregado*%agregado de materiales agregado global					
Vol de arena	2270*40% = 0.280 m3					
Vol de piedra	0.701*60% = 0.421 m3					
<b>Cálculo de los pesos secos de los agregados</b>						
Peso de agre	Peso específico del agregado*volumen del agregado					
Peso arena	2270*0.280 = 636.41 kg					
Peso piedra	2340*0.241 = 984.05 kg					
<b>Cálculo de los pesos húmedos de los agregados</b>						
P.H. Agreg	Peso seco de agregado*(1+C.H. del agregado/100)					
P.H. arena	636.41 kg * (1+ 0.0166) = 646.97 kg					
P.H. piedra	984.05kg * (1+0.0040) = 987.99 kg					
<b>Corrección del agua por agregados</b>						

C agua por agregado	Peso seco agregado * (C.H. agregado - % Abs. Agregado)/100
C.A. arena	636.41 kg * (1.66 – 4.820)/100 = - 20.11 Lt

Fuente: Elaborado en base a las pruebas realizadas.

#### 4.2 COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN TIEMPOS FRIOS.

El Instituto Norteamericano del Concreto (ACI) define el clima frío como un período cuando, para más de 3 días consecutivos, se presentan las siguientes condiciones:

- a) La temperatura diaria promedio del aire es menor a 4 °C (40 °F). La temperatura diaria promedio es la media entre las temperaturas más alta y más baja registradas durante un período de medianoche a medianoche.
- b) La temperatura del aire para más de la mitad de un período cualquiera de 24 horas no es superior a los 10 °C (50 °F).

Cuando se debe colocar el concreto con tiempo frío o en una época del año en que es probable que haga frío, se deben desarrollar planes para mantener al concreto a la temperatura apropiada mucho antes de la fecha en que se espera que la temperatura caiga debajo del punto de congelación. Para la colocación de concreto con tiempo frío se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los diseños de mezclas de concreto desarrolladas para su colocación a temperaturas más frías normalmente tienen mayor cantidad de cemento que aquellas usadas con climas calurosos.
- El empleo de escoria, ceniza volátil y puzolanas debe reducirse o aún eliminarse a menos que se las necesite para controlar la reacción álcalis-sílice o para proporcionar algún grado de resistencia al ataque de sulfatos. En última instancia, puede ser necesario aumentar el contenido total de materiales cementicios o cambiar el tipo de cemento al tipo III en lugar de los tipos I/II.
- La dosis necesaria de aditivo incorporador de aire deberá ser menor que la dosis a temperaturas normales.

- Dado que el concreto necesitará más tiempo para fraguar, también existe un cierto peligro de agrietamiento por contracción plástica, especialmente si el concreto está mucho más caliente que el aire del ambiente o si sopla viento.
  - Los agregados deben hallarse libres de hielo, nieve y terrones congelados antes de su carga en la mezcladora.
  - La temperatura de la mezcla no deberá estar por debajo de los 10 °C (50 °F).
- a. Se pueden calentar el agua y/o los agregados a menos de 66 °C (150 °F).
- b. El material debe calentarse uniformemente.
- No se debe colocar el concreto si las temperaturas del aire en el sitio o de las superficies sobre el cual será colocado están por debajo de los 4 °C (40 °F).
  - Las cubiertas y otros tipos de protección del concreto contra la congelación deben estar disponibles antes de comenzar la colocación.
  - Debe mantenerse la temperatura del concreto en 10 °C (50 °F) o más por al menos 72 horas posteriores a su colocación y a una temperatura por encima del punto de congelación por el resto del período de curado (cuando el concreto alcanza una resistencia a la compresión de 20 MPa. [3.000 psi]). Las esquinas y los bordes son los más vulnerables a la congelación.
  - Retire y reemplace completamente el concreto que se ha dañado debido a la congelación.
  - El concreto colocado con tiempo frío obtiene lentamente su resistencia. El concreto que contiene materiales cementicios suplementarios obtiene muy lentamente su resistencia.
- b. Puede retrasarse el aserrado de juntas para la apertura al tráfico.
- c. Verifique la resistencia in situ mediante un método de madurez, el curado con temperaturas coincidentes, ensayos no destructivos o ensayos Sobren testigos antes de abrir el pavimento al tráfico.

- Remítase a ACI 306 – Cold Weather Concreting (Colocación de concreto con tiempo frío) para obtener información adicional.

#### 4.2.1 Aspectos generales del curado

El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién vaciado, de manera que pueda desarrollar las propiedades deseables. La resistencia y durabilidad del concreto se desarrollarán en todo su potencial sólo si se cura adecuadamente un concreto.

El efecto de una evaporación mayor causa frecuentemente grietas por contracción plástica y baja la resistencia en la superficie.

El tiempo de curado no se puede ni debe prescribir, la costumbre de indicar siete días como mínimo, se deriva de lo que ocurre con el concreto producido con cemento Portland tipo I normal, para climas húmedos y concretos de poca resistencia. El tiempo de curado debe guardar relación con el tipo de cemento que se usa, con la calidad de concreto deseado, el diseño de mezcla utilizado y la humedad ambiental.

En muchos casos el curado de estructuras en nuestro medio, no llegan a ser mayor de tres días, ya que por ejemplo no se puede tener una losa inundada ya que impediría el avance de los trabajos para niveles superiores. En términos generales dicen los textos que se debe curar por lo mínimo 7 días o hasta que el concreto desarrolle el 70 % de resistencia a la compresión, pero esto si se trabaja con cemento Portland tipo I, pero si se trabaja con cemento Portland tipo IP el cual es el cemento de mayor uso en la actualidad en nuestro medio el 70 % de resistencia recién alcanzan a los 12 días aproximadamente, para esto entonces se debe de tener muchas precauciones en cuanto a curado se refiere.

Cuando se curan concretos a temperaturas menores de 5° C, se debe tomar precauciones para evitar daños por congelación. En concretos de alta resistencia (mayor de 420 kg/cm<sup>2</sup>) el periodo de curado debe ampliarse, aún más de 28 días, para permitir el desarrollo de la resistencia.

### **La norma técnica peruana NTP.**

La norma técnica peruana NTP 339.033, respecto al curado de testigos de concreto nos menciona 4 ítems muy importantes.

- **Cubrimiento de los testigos después de moldeada.**

Para prevenir la evaporación del agua de la superficie del concreto no endurecido de los testigos, se cubren éstos inmediatamente después de moldeados, preferiblemente con una placa no absorbente y no reactiva o una lámina de plástico durable. También se puede usar para el cubrimiento, trapos o lienzos humedecidos, pero debe cuidarse de mantenerlos húmedos hasta que los testigos se desmolden.

- **Curado inicial.**

Antes del llenado, se colocan los moldes sobre una superficie horizontal rígida y libre de vibraciones. Luego serán protegidos del viento y del sol o de toda otra causa que pueda perturbar al concreto.

Durante las primeras 24 horas después del moldeo, se almacenaran todos los testigos bajo condiciones que mantengan la temperatura ambiente entre 16 °C y 27 °C y que prevengan toda perdida de humedad. Las temperaturas de almacenamiento pueden ser reguladas por medio de ventilación o por evaporación de agua, arena húmeda o trapos humedecidos, o por uso de dispositivos eléctricos de calentamiento.

El estacionamiento de los testigos se realiza en construcciones provisorias realizadas en el lugar de la obra, en cajones de madera y zunchados, en depósitos de arena húmeda o siempre que el clima sea favorable cubriéndolas los testigos con trapos húmedos.



- **Testigos para comprobar la calidad y uniformidad del concreto durante la construcción.**

Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad y uniformidad del concreto colocado en obra o para que sirvan como base para decidir sobre la aceptación del mismo, se desmoldan al cabo de  $20 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  después de ser vaciados.

Inmediatamente después los testigos se estacionaran en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , la saturación se puede obtener incorporando tentativamente 2 gramos de cal hidratada por litro de agua, no debiendo estar en ningún momento expuestas al goteo y a la acción del agua en movimiento.

- **Testigos moldeadas para apreciar las condiciones de protección y curado del concreto.**

Los testigos hechos con el fin de determinar la resistencia de un concreto determinado, la misma que sirve para apreciar las condiciones de protección y curado del concreto, o de cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se almacenan tan cerca como sea posible del lugar o punto de donde se extrajo la muestra y deben recibir la misma protección contra las acciones climáticas y el mismo curado en toda su superficie que los recibidos por la estructura que representan.

#### **4.2.2 Descripción de los curados de losas realizados.**

En este ítem se presentarán todo los tipos de curados realizados tanto en el laboratorio como en la intemperie para este fin se realizaron varios sistemas de curados para buscar una solución óptima para contrarrestar los efectos de hielo y deshielo en los tiempos fríos y estas son:

- Curado con guano
- Curado con paja.
- Curado a la intemperie.

Todo los sistemas de curados fueron realizados en la intemperie a diferencia del laboratorio y en los meses más frígidos del año, esto para una mayor simulación lo que es en obra real; y los resultados que se obtuvieron de cada sistema de curado se observó diferentes resistencias a los 7, 14, 28 días, tanto para concretos de relación agua/cemento **0.55** y para concretos de relación agua/cemento **0.65**, todo este trabajo se realizó con 02 losa de 50x50 cm. de área con 15 cm. de altura de losa para proteger con guano de corral, 02 losa de 50x50 cm. de área con 15 cm. de altura para proteger con paja y 01 losa de concreto losa de 50x50 cm. de área con 15 cm. de altura esto sin protección al intemperie losa de 50x50 cm. de área con 15 cm. de altura.

#### 4.2.3 Curado con guano de corral.

Este sistema que se ha planteado es una de las primeras alternativas y el objetivo es de poder visualizar, que si curando el concreto como el caso anterior y cubriéndolas con guano se puede solucionar este problema del congelamiento del concreto.

Pero para visualizar todo ello pasaremos a detallar como es que se realizó dicho sistema, los testigos y losas después de ser vaciadas fueron sacadas al aire libre y se curaba 2 veces al día rociando agua en los testigos durante 3 a 5 min. como se suele hacer en las obras esto solo en el día y por las noche se dejaba en la intemperie y sin ningún tipo de recubrimiento, este método es lo que simulará la obra real, y este sistema que se realizó como ya se había adelantado no dio buenos resultados debido al inmenso frío que se tuvo en distrito de José Domingo Choquehuanca en estos meses, pero estos resultados se mostraran para tomar conciencia de que no simplemente se debe de curar el concreto con curado clásico,

más al contrario debemos de tener mucha precaución para curar el concreto para que así el concreto pueda desarrollar resistencia normalmente en estos meses fríos.

Este sistema de curado se realizó de la siguiente manera, los testigos o losas después de ser vaciadas y a las 5:00 p.m. los testigos fueron recubiertos con una amina o plástico y sobre el plástico el guano de corral con un 1 pulgada de espesor, para que las losas durante la noche no se congelen y permanezca a una temperatura adecuada, la cobertura de guano de corral también permanecía en la intemperie, y al día siguiente los testigos nuevamente fueron descubiertos de la cobertura de guano de corral para ser curadas nuevamente en el día con agua, esto durante siete días, y así simulando lo que se realizará en obra real, a todo ello se puede decir que si mejoró los resultados de resistencia de la losa de concreto o testigo.



**Gráfico 4.10:** Curado de concreto fresco con estiércol de corral.

#### 4.2.4 Curado con paja o ichu (Intemperie).

Este sistema de curado se planteó como una segunda alternativa, fue el mismo sistema que el anterior, los testigos y losas después de ser vaciadas fueron sacadas a la intemperie y se curaba en el día dos veces rociando agua a los testigos y por las noches se recubre con paja del altiplano o ichu, con la similitud que a cada testigo se cubría con paja del altiplano con un espesor 5 cm., y al

día siguiente nuevamente se descubre para seguir curando con agua por roseado también este sistema se hizo durante siete días, y se verifica y se obtiene resultados buenos resultados similares como los de cobertura con guano del corral.



**Gráfico 4.11:** Curado de concreto fresco con paja del altiplano.

#### **4.2.5 Recomendaciones del curado óptimo para la utilización en superficies mayores como losas, pavimentos y otros (obra real).**

Si bien son ciertos todos los sistemas de curados se realizaron con testigos de 0.50 m x 0.50 m x 0.15 m de losa. Como toda prueba de concreto que se realiza, en los meses fríos, se simuló en el distrito de José Domingo Choquehuanca y se realizó en la intemperie y en los meses más fríos de este año, como se ve en el análisis de resultados de este trabajo si se pueden realizar las resistencias que deseamos es por ello que se dará una recomendación del sistema óptimo de utilización de coberturas con guano de corral para superficies mayores como losas, pavimentos, etc.



**Gráfico 4.12:** Losa de concreto protegido con estiércol de corral.

- a. Primeramente se recomienda en estos tiempos que la temperatura del ambiente o la superficie a vaciar el concreto tenga como mínimo una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ , y prevenir que el vaciado concluya antes de las 3:00 pm. Aproximadamente o hasta que la temperatura del ambiente decrezca fuertemente.



**Gráfico 4.13:** Termómetro digital.

- b. Cumpliendo la recomendación anterior, se procederá al vaciado y lo que se recomienda en el proceso de fabricación del concreto se cumpla fielmente los requisitos del diseño de mezclas, el control de los componentes, la consistencia de la mezcla y una buena compactación (chuceo), para evitar o disminuir el porcentaje de vacíos.





**Gráfico 4.14:** Preparado de encofrados y mezcla de concreto para las losas.

- c. Una vez terminado el vaciado se espera que el concreto termine su fraguado inicial este periodo es de 2 o 3 horas aproximadamente después del vaciado, inmediatamente se cubre la superficie con **guano del corral** esto para evitar que el frío de la primera noche no congele el concreto.

#### 4.3 EVALUACIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN EL PRESENTE AÑO.

Las temperaturas en todos los años y específicamente en los meses de Mayo Junio, Julio y Agosto, son las más bajas de cada año y esto no permite realizar óptimos trabajos en la construcción de obras debido a que estas temperaturas se presentan incluso bajo cero, y en referente a trabajos con concreto se debe de tener todas las precauciones del caso.

Se tiene conocimiento que para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos  $13^{\circ}$  C, lo cual como ya se mencionó en nuestra zona son aun menores las temperaturas, y las más bajas se dieron en el mes de **junio** en el presente año, se tuvo que estar diariamente con un termómetro para poder apreciar dichas temperaturas y en la 24 horas del día, y estas en promedio fueron:

**Cuadro 3.15:** Temperaturas en el mes de junio del año 2015 a una altura de 3895 m.s.n.m.

Hora	° C	Hora	° C	Hora	° C
<b>0</b>	3.0	<b>8</b>	3.5	<b>16</b>	10.0
<b>1</b>	2.1	<b>9</b>	7.6	<b>17</b>	9.4
<b>2</b>	2.0	<b>10</b>	11.4	<b>18</b>	5.5
<b>3</b>	-0.6	<b>11</b>	13.5	<b>19</b>	4.2
<b>4</b>	-4.2	<b>12</b>	15.3	<b>20</b>	3.4
<b>5</b>	<b>-9.0</b>	<b>13</b>	16.8	<b>21</b>	3.1
<b>6</b>	-4.0	<b>14</b>	18.1	<b>22</b>	3.1
<b>7</b>	1.6	<b>15</b>	15.9	<b>23</b>	3.0

#### 4.4 ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LOSAS CURADAS.

Se presenta principalmente los resultados de resistencia a la compresión del concreto para los diferentes tipos de coberturas utilizados, resaltando los incrementos y variaciones de resistencia obtenidas con las diferentes combinaciones de cobertores de concretos frescos para contrarrestar este fenómeno natural el hielo y deshielo, se mostraran diferentes cobertores y se observaran las diferencias de resistencia.

##### 4.4.1 Equipo de esclerómetro.

Instrumento de medición utilizado por lo general para la determinación de la resistencia a la compresión en losas.

El **esclerómetro** es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones ya sea en pilares, muros, pavimentos, etc. En algunos países ya no se usa para determinar la resistencia del hormigón endurecido, sino que solamente se utiliza para evaluar la uniformidad del hormigón in situ, delinear zonas de hormigón deteriorado o de baja calidad o estimar el desarrollo de resistencias in situ.

a) *Descripción ampliada.*

El Esclerómetro está provisto de una pesa tensada con un muelle; funciona cuando la pesa tensada es lanzada contra la superficie para medir su rebote.

A pesar de que no se considera un método excesivamente fiable, su uso está muy extendido. Proporciona valores aproximados y se lo emplea principalmente como método de comprobación, siendo menos usado que el ensayo de compresión.

En el año 1950 fue diseñado el primer esclerómetro para la medición no destructiva del hormigón. Se lo patentó con el nombre SCHMIDT; su valor de rebote "R" permite medir la dureza de este material y se ha convertido en el procedimiento más usado a nivel mundial, para el control no destructivo en hormigón.

b) *Recomendación del uso del esclerómetro.*

- Si la superficie no está muy limpia y pulida, arrojará valores menores (capas de pintura o polvo crean una capa blanda que puede amortiguar el impacto).
- Impactar sobre la superficie en forma perpendicular, si se observa una superficie destrozada o aplastada se debe de anular.
- Leer el número de rebote en la escala indicadora del martillo aproximándolo siempre a un número entero.
- Si el esclerómetro no está perfectamente perpendicular a la superficie, tendrá un rebote con menor intensidad.



- El hormigón es una mezcla de cemento, grava y arena; si el golpe impacta sobre una piedra nos dará una dureza mayor.
- Si es concreto armado se puede lanzar el golpe cerca de una barra corrugado de acero, lo cual posee mayor dureza, modificando el valor.
- Considerar separaciones entre cada punto de aproximación de 1 a 3 pulgadas.

c) *Recomendación del uso del esclerómetro*

- Tomar 9 lecturas como mínimo.
- Descartar aquellas que difieran en más de 6 unidades y determinar el promedio de las lecturas restantes.
- Si más de 2 lecturas difieren de este promedio por 6 unidades, desechar todas las lecturas y determinar los números de rebote en 9 nuevas ubicaciones dentro del área de ensayo.

Todo lo que se ha detallado anteriormente se ha tomado en consideración para hacer las pruebas de las 5 losas vaciadas en nuestro trabajo, y los resultados lo veremos más adelante y posteriormente tendremos un comentario respecto a este método.



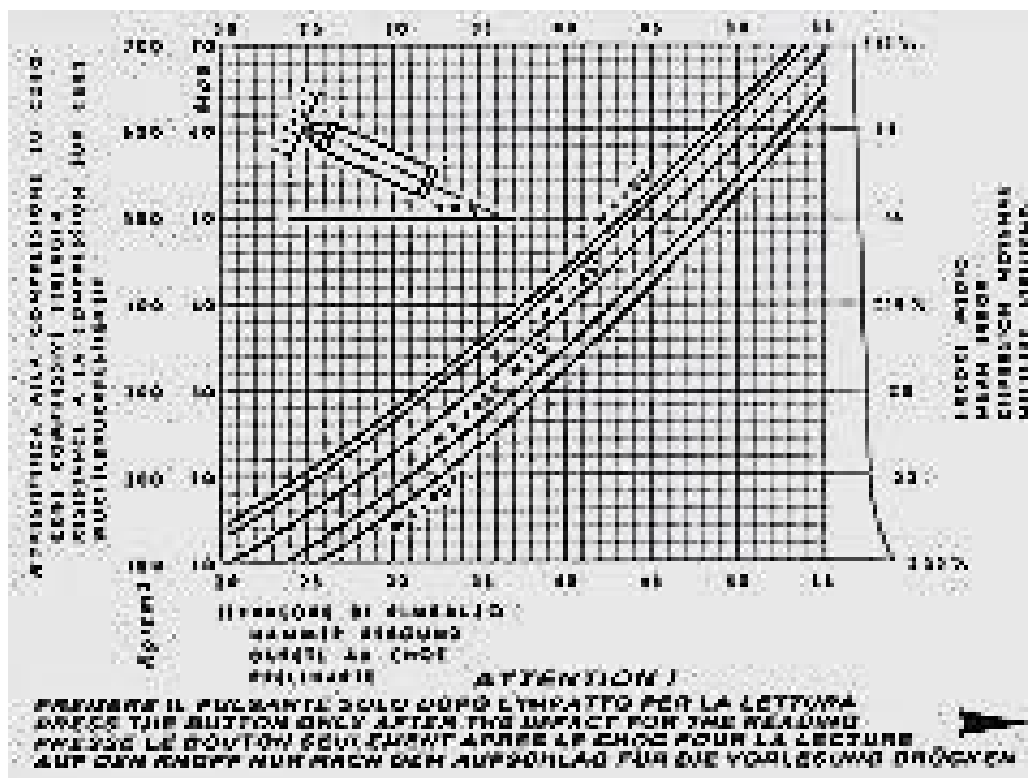


Gráfico 4.15: Equipo de esclerómetro y la tabla de conversión de lectura.

#### 4.4.2 Losas (Ensayada con esclerómetro).

Como se mencionó se vaciaron losas de 0.50 m x 0.50 m x 0.15 m de espesor y estas serán ensayadas con un esclerómetro a los 28 días.



**Gráfico 4.16:** Prueba de medición de las losas de concreto con equipo de esclerómetro.



**Gráfico 4.17:** Prueba de medición de las losas de concreto con equipo de esclerómetro en cada losa pero en sus 9 diferentes puntos.

Las resistencia de concreto curados con diferentes materiales (cobertores) orgánicos muestran en el cuadro 4.16, donde mayores resistencias superficial se obtuvieron con cobertores de plástico y estiércol llegando a  $217 \text{ kg/cm}^2$ , seguida con cobertores de paja del altiplano con alrededor de  $200 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que sin cobertores y expuestos al

intemperie sólo llegó a una resistencia del concreto de 168 kg/cm<sup>2</sup>, esto según las pruebas con esclerómetro.

Los cobertores orgánicos como es estiércol en el distrito de José Domingo Choquehuanca de la provincia de Azángaro se encuentra libre en cantidad suficiente y que cada uno de los pobladores del distrito tienen producto de la crianza de los animales domésticos entre ovinos, vacunos, auquénidos, equinos y animales menores, ya que este cobertor orgánico tiene mejores propiedades térmicas y consecuentemente brinda mejores resultados de resistencia del concreto en climas severos y de alto riesgo en el altiplano peruano.

**Cuadro 4.16: Sistematización de los datos y resultados.**

<b>CONTROL DE LABORATORIO</b>									
<b>PRUEBAS DE REBOTE CON ESCLEROMETRO</b>									
UNIVERSIDAD		: FIA - UNA-PUNO							
Tesis		: INFLUENCIA DE CURADORES ORGANICOS PARA EL FRAGUADO DEL CONCRETO EN TIEMPOS DE HELADA EN EL DIST. J.D.CH.							
Lugar		: DISTRITO DE JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA						FECHA: : 21/09/2015	
Aparato		: Sclerometro SCHIMDT, Model "Roche"						Operador: Personal Laboratorio	
Orientación del Martillo		: TIPO "B"							
Fecha de Ensayo		: 30/06/2015							
PROBETA Nº DESCRIPCION			NIVEL	CARA	LECTURA DEL REBOTE	f'c MARCADA EN PSI	f'c CALCULADA (f'c=Kg/cm2)	f'c PROMEDIO (f'c=Kg/cm2)	% PROMEDIO
Nº de Rebotes	TIPO DE PROTECCION	ELEMENTO							
1	CURADO Y PROTEGIDO CON PLASTICO Y ESTIERCOL	Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56	217	1.03
2		Losa 01	1er	Sup	28	3250	226.69		
3		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25		
4		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81		
5		Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56		
6		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25		
7		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81		
8		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25		
9		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81		
Nº de Rebotes		ELEMENTO							
1	CURADO Y PROTEGIDO CON PLASTICO Y ESTIERCOL	Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81	213	1.01
2		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69		
3		Losa 02	1er	Sup	29	3500	244.13		
4		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81		
5		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69		
6		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25		
7		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81		
8		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25		
9		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69		
Nº de Rebotes		ELEMENTO							
1	CURADO Y PROTEGIDO CON PAJA	Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81	200	0.95
2		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69		
3		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25		
4		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81		
5		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69		
6		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25		
7		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81		
8		Losa 03	1er	Sup	25	2000	139.50		
9		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25		
Nº de Rebotes		ELEMENTO							
1	CURADO Y PROTEGIDO CON PAJA	Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50	194	0.92
2		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69		
3		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25		
4		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81		
5		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69		
6		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25		
7		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81		
8		Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50		
9		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25		
Nº de Rebotes		ELEMENTO							
1	EXPUESTO EN LA INTERPERIE	Losa 05	1er	Sup	22	1500	104.63	168	0.80
2		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50		
3		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81		
4		Losa 05	1er	Sup	24	1875	130.78		
5		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81		
6		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25		
7		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50		
8		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25		
9		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81		
OBSERVACIONES:									
(*) Las resistencias esperadas en kg/cm2, fueron calculadas según gráfica del propio aparato.									
- Este procedimiento no es aplicable a la determinación de resistencia del concreto, solo comparativo.									
- Este procedimiento no es alternativo respecto a ninguno de los ensayos normales de compresión, y en ningún caso puede emplearse.									

## CONCLUSIONES

- Que en el diseño de mezclas mediante el método del agregado global en el presente trabajo, se da una mejor proporción de los agregados a utilizar porque permite usar porcentajes de agregados más reales debido a que en el laboratorio se analiza mediante la prueba del Peso Unitario Compactado (P.U.C.), y así obtener las proporciones exactas de un agregado tanto fino como grueso en función a la máxima densidad.
- Los cobertores orgánicos de nuestra zona como el estiércol, son los magníficos aislantes térmicos para emplearse como cobertores orgánicos durante el curado proceso del concreto fresco, ya que con estos productos se logró mantener una temperatura constante en el concreto, para que el concreto desarrolle con total normalidad de resistencia y esto se refleja en los resultados obtenidos de 217 kg/cm<sup>2</sup>, seguida con cobertores de paja del altiplano de 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- La protección de productos naturales como el guano (estiércol) de corral y la paja del altiplano son excelentes cobertores orgánicos que protegen óptimamente a los concretos frescos durante su desarrollo, y más eficiencia que presenta es el cobertor con plástico y estiércol de ovinos con resistencia óptima frente a losas expuestos a intemperie que presentan resistencias bajo de 168 kg/cm<sup>2</sup>.

## RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta que, el diseño de mezcla debe siempre realizar con sumo cuidado y con resultados reales, y los vaceados de concretos deben realizar sólo hasta las 3.00 pm, debido a que la temperatura al promediar desde esa hora decrece fuertemente en esta zona del altiplano, siendo dañino para la hidratación del concreto, y esperar que la superficie de vaceado tenga una temperatura mayor a los 4 °C (40 °F).
- El especialista debe basarse en las bondades de un método sobre otro que residen finalmente, por lo que debe primar en la selección de método el criterio personal, su conocimiento técnico y experiencia profesional del quien lo aplique.
- Se recomienda tomar en cuenta que, para evitar la evaporación del agua de concreto que originan fisuras, y debe curarse diariamente durante los 28 días tal como se realiza en el laboratorio o usar aditivos curadores por una sola vez para evitar la evaporación así ya no curar diariamente por aspersión, más no sólo los 7 días como tiempo máximo de curado para evitar las contracciones en el concreto, además es necesario utilizar cobertores a fin de que los concretos conserven sus temperaturas y que desarrollen óptimamente.
- Es necesario seguir realizando estudios con cobertores orgánicos como la totora ya elaboradas (Quesana), a fin de que facilite su manejo.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología de concreto. UNI. Lima-Perú.
- Abanto Castillo, Flavio. (2009). Tecnología de concreto (Teoría y problemas). San Marcos E.I.R.L., Lima-Perú
- ASOCEM Boletines Técnicos ASOCEM. (1998). Contenido todas las especificaciones de tipos de concretos. UNI. Lima-Perú.
- ACI (2002). Normas técnicas para el colado de concreto en clima frio: Concreto en clima frio ACI 306-88. Boletín. Editorial ACI. Lima-Perú.
- Cachay Huamán, Rafael. (1998). Diseño de mezclas. UNI. Lima-Perú.
- Cachay Huamán, R. & Torre Carrillo A. (s/f). Concretos y sus propiedades físicas, diseño de mezclas, concretos especiales, uso de aditivos. Ponencia de tecnología del concreto. Lima –Perú.
- Cachay Huamán, R. (2004). Diseño de mezclas. Lima-Perú.
- Cámara Peruana de la Construcción “Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)” (2014). Lima-Perú.
- Condori Espinoza, Henry. (2001). Influencia del clima en el desarrollo del concreto en el altiplano de Puno. FICA. UNA Puno.
- Czernin, Wolfgang (2001). La química del concreto.
- Iglesias Martínez, Luis. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICCSA (2001). Apuntes y libretos de la Empresa. Guía Práctica.
- INTERSUR. (2010). Apuntes y libretos. Trabajo de campo para técnicos.
- Laura Huanca, S. (2006). Boletín: Diseño de mezclas de concreto. UNA. Puno-Perú.
- Laura Pérez, Pólito. (2011). Materiales ecológicos para la construcción de viviendas. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería. Tesis de Ingeniería Civil. Coatzacoalcos-Veracruz.



- (2013). Ichu: Aislante térmico natural para combatir el friaje. Ciencia y Tecnología. Universidad de ingeniería y Tecnología (UTEC) & del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Junín – Perú.
- Pasino, G. (2003). Apuntes del curso de concreto armado I. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.
- Pasquel, E. (2005). Tópicos de tecnología del concreto. Publicación CIP – Consejo Nacional. Lima-Perú.
- Rivva López, Enrique. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Capítulo Peruano ACI. Lima-Perú.
- Rivva López, Enrique. (2002). Concretos de alta resistencia. Propiedades del concreto no endurecido, tipo de aditivos. Lima-Perú.
- Rivva López, Enrique. (2007). Diseño de mezclas. Editorial Williams. Lima-Perú.
- Sanca, W. (2005). Proceso de producción del cemento por vía húmeda en la fábrica de cemento Sur S.A. Lima-Perú.
- Sotomayor, Cristian. (2006). Ponencia de tecnología del concreto. UNICON. Lima-Perú.
- Venuat, Miche (s/f). Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones. Barcelona-España.
- [WWW.uni.edu.pe](http://WWW.uni.edu.pe). (2015). Tecnología del concreto

ANEXOS

ANEXOS. FOTOGRAFIAS



**VISTA 02:** EN LA VISTA SE MUESTRA EL COLOCADO DE MEZCLA DE CONCRETO.



**VISTA 04:** EN LA VISTA SE MUESTRA EL COLOCADO DE COBERTURAS DE CONCRETO FRESCO CON PLASTICO Y GUANO.





**VISTA 05: EN LA VISTA SE MUESTRA EL COLOCADO DE COBERTURAS DE CONCRETO FRESCO CON PLASTICO Y GUANO.**



**VISTA 06: EN LA VISTA SE MUESTRA EL COLOCADO DE COBERTURAS DE CONCRETO FRESCO CON PLASTICO Y PAJA.**





**VISTA 07: EN LA VISTA SE MUESTRA EL EQUIPO DE SCLEROMETRO Y LAS LOSAS DE CONCRETO A SOMETER LA PRUEBA.**



**VISTA 09: EN LA VISTA SE MUESTRA REALIZANDO LOS DISPAROS A LAS LOSAS CON SCLEROMETRO.**