



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS
CURADORES QUÍMICOS DE APLICACIÓN EXTERNA PARA
CONCRETO EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES
EN LA REGIÓN DE PUNO**

PRESENTADO POR

EGRESADO EDWIN PANCCA MAMANI

ASESOR:

DR. ALBERTO CRISTOBAL FLORES QUISPE

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERÍA CIVIL**

MOQUEGUA – PERÚ

2024



Universidad José Carlos Mariátegui

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias, certifica que el trabajo de investigación () / Tesis () / Trabajo de suficiencia profesional () / Trabajo académico (), titulado “**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS CURADORES QUÍMICOS DE APLICACIÓN EXTERNA PARA CONCRETO EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN LA REGIÓN DE PUNO**” presentado por el(la) egresado(a) **PANCCA MAMANI, EDWIN** para obtener el grado académico () o Título profesional () o Título de segunda especialidad () de: **BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**, y asesorado por el(la) **DR. ALBERTO CRISTOBAL FLORES QUISPE**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°959-2021-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de investigación	Porcentaje de similitud
Ingeniería Civil	Pancca Mamani, Edwin	“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS CURADORES QUÍMICOS DE APLICACIÓN EXTERNA PARA CONCRETO EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN LA REGIÓN DE PUNO”	32 % (13 de diciembre de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **32 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 13 de diciembre de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
FACULTAD DE CIENCIAS

Dr. JAVIER PEDRO FLORES AROCUTIPA
Jefe de la Unidad de Investigación

CONTENIDO

	Pág.
Pagina de jurado.....	i
Certificado de Originalidad.....	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Contenido.....	v
Contenido de Tablas.....	viii
Contenido de Figuras	ix
Resumen.....	x
Abstract	xi
Introducción	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del problema.....	1
1.2.Definición de Problema	1
1.2.1.Problema General.....	2
1.2.2.Problemas específicos	2
1.3.Objetivos de investigación.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Especificos.....	2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes de la investigación	3
2.2.Bases Teóricas.....	7
2.2.1.Resistencia a la Compresión	7

2.2.2. Diseño de mezclas.....	7
2.2.3. Curado.....	8
2.2.4. Compuestos químicos aplicados en el curado.....	9

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación.....	10
3.2. Diseño de la investigación.....	10
3.3. Población.....	10
3.4. Muestra.....	10
3.5. Instrumentos tecnológicos para la recolección de datos.....	11

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de Resultados.....	12
4.1.1. Ubicación de la zona de estudio.....	12
4.1.1.1. Cantera.....	12
4.1.1.2. Ensayos estadares a los agregados.....	13
4.1.1.3. Curadores químicos empleados para el concreto en la investigación.....	14
4.1.1.4. Preparación del concreto.....	17
4.1.2. Diseño de mezclas por el método ACI.....	17
4.1.2.1. Diseño de mezclas 210 kg/cm ²	17
4.1.3. Elaboración de probetas de concreto.....	19
4.1.4. Procedimiento para elaboracion del concreto.....	19
4.1.4.1. Moldeado de los cilindros de prueba.....	19
4.1.4.2. Curado de los testigos.....	21
4.1.4.3. Curado de probetas por el metodo de vía humeda o estandarizado.....	21
4.1.4.4. Curado con compuestos químicos.....	21

4.1.4.5. Curado expuesto a temperatura ambiente	22
4.1.5. Ensayos realizados al concreto	23
4.1.5.1 Ensayos al concreto en estado fresco	23
4.1.5.2 Ensayos al concreto en estado endurecido	26
4.2. Resultados finales	29
4.2.1. Eficacia del curado en el concreto	29
4.2.2. Discusión de resultados.....	30
4.2.3. Analisis de la resistencia de muestras curadas con compuestos químicos ..31	
4.2.3.1. Discusión.....	32

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones	34
5.2.Recomendaciones.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS	39

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ensayos realizados al agregado grueso	13
Tabla 2. Ensayos realizados al agregado fino	14
Tabla 3. Resumen de curadores químicos usados en la investigación	16
Tabla 4. Propiedades físicas de los materiales previos al diseño	17
Tabla 5. Diseño final de mezclas para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Metodo de ACI	19
Tabla 6. Tasa de aplicación de compuestos químicos.....	22
Tabla 7. Determinación del asentamiento $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	23
Tabla 8. Determinación del contenido de aire atrapado.....	23
Tabla 9. Peso unitario del concreto fresco $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	24
Tabla 10. Determinación de temperatura del concreto campo $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$...	25
Tabla 11. Estadística de condiciones atmosféricas durante el periodo de curado	26
Tabla 12. Cantidad de probetas cilíndricas elaboradas y ensayadas	28
Tabla 13. Resistencia del concreto para los métodos de control.....	29
Tabla 14. Resistencia del concreto en porcentaje respecto a la $f'c$ de diseño	30
Tabla 15. Resistencia del concreto respecto al curado estandar	31
Tabla 16. Resistencia del concreto respecto a la resistencia de diseño.....	31
Tabla 17. Cumplimiento de la aceptación y evaluación de las probetas cilíndricas	33

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Toma de muestras de concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	20
Figura 2. Verificación del asentamiento del concreto.....	20
Figura 3. Prensa de compresión.....	29

RESUMEN

Este trabajo evalúa el comportamiento de los componentes que forman el curado de la mezcla de concreto, para esto se efectuó el diseño de mezcla para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ empleando cemento tipo IP y agregados de la cantera especificada, se confeccionaron 24 probetas de concreto. Se consideraron tres tipos de curado del concreto: el tipo estándar efectuado en laboratorio se le denomina curado patrón, con curadores Seal Kurez, Membranil B, Sika Cem y Z Resinoide y al medio ambiente; luego se ensayaron a prueba a las edades de tres, siete, catorce y veintiocho días de vaciados. Se efectuó la comparación de la resistencia de los especímenes referente al curado de la muestra patrón y la resistencia especificada. Con respecto al curado patrón, para la Resistencia considerada de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, solo las mezclas curadas con Z Resinoide y Membranil B pasaron el 85%, además los curados no superaron la resistencia especificada mas su incremento. La eficiencia teórica de los componentes incumple con las especificaciones de la norma, con la única excepción de Z Resinoide que obtuvo respuestas esperadas; pero, desde el punto de vista estadístico no representa mayor significancia.

Palabras clave: Aditivos, concreto, eficiencia y curado.

ABSTRACT

This work evaluates the behavior of the components that form the curing of concrete, for this the design of mixtures was carried out for $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using Portland IP cement and aggregates from the specified quarry, 24 concrete specimens were made. Three types of concrete curing were considered: the standard type carried out in the laboratory is called pattern curing, with Seal Kurez Seal, Membranil B, Sika Cem and Z Resinoid compounds and without curing; Then they were tested in compression at the ages of three, seven, fourteen and twenty-eight days of casting. The resistance of the specimens was compared with respect to the curing of the standard sample and the design resistance. With respect to the standard curing, for the considered resistance of $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, the concrete cured with Z Resinoid and Membranil B exceeded 85%, the other types of curing do not do so as it does not exceed the specified increased resistance. . The efficiency provided by the compounds does not meet the recommendations of the regulations, with the exception of Z Resinoid, which had acceptable results; However, it is not statistically significant.

Keywords: Additives, concrete, efficiency and curing.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de la construcción a generado grandes cambios en la producción de compuestos químicos lo que permitió mejorar las técnicas de curado en elementos estructurales y no estructurales de concreto desarrollando nuevos métodos de curado y nuevos elementos químicos de utilización. El curado de una estructura es fundamental para que la mezcla obtenga una capacidad a la compresión especificada en el diseño para que se pueda alcanzar la vida útil de diseño; un tiempo de curado excedido conduce a un mayor costo de ejecución en el proyecto y posibles retrasos en obra y un tiempo menor del curado necesario no permite alcanzar la resistencia requerida, Por ello, en éste trabajo se analiza como se comporta en concreto con diferentes tipos de curado para obtener la resistencia adecuada en el concreto. En general el proceso de curado aplicando aditivos químicos es favorable, donde se espera superar la capacidad a compresión requerida a los 28 días del vaciado del concreto: Existen curadores químico a base de cera que han demostrado su efectividad cuya resistencia a la compresión aumentó a mayor tiempo de curado alcanzando en muchos casos a la del curado por inmersión en agua.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

1.2 Definición del problema

Desde que el concreto es utilizado para la construcción de infraestructura civil, hace muchos años atrás, se a generado varios problemas que afectan la resistencia del concreto en las diferentes etapas del proceso de endurecimiento del mismo, un aspecto a considerar es cuando en el proceso de fraguado la humedad y contenido de agua se pierde aceleradamente. Durante los años 1959 a 1955 se encontraron las posibles causas que obedecen a factores físicos y químicos que impidan que el concreto llegue a su resistencia de diseño y esto sucede cuando comienza a perder rápidamente su humedad después del vaciado en el proceso constructivo. Es en esta etapa de fraguado del concreto, donde se busca tenerlo en condiciones adecuadas de humedad el tiempo suficiente y necesario para producir las reacciones entre el cemento y el agua durante el tiempo que se requiera para así poder dejar que el cemento como un elemento aglutinante, y con esto se logre obtener la resistencia adecuada para que cumpla con la función a la cual fué diseñado.

1.2.1 Problema general

¿Qué eficacia brindan los curadores químicos de aplicación externa en la elaboración del concreto en proyectos de edificaciones en la región Puno?

1.2.2 Problemas específicos

¿Qué curadores químicos de aplicación externa se utilizan en el mercado en la elaboración del concreto en proyectos de edificaciones en la región Puno?

¿Qué dosificación de concreto será necesaria para realizar un diseño de mezclas para resistencia del concreto de $f'c=210\text{Kg/cm}^2$?

¿Cómo se efectúan los controles de resistencia del concreto en sus diferentes edades de vaciado aplicando los curadores químicos más empleados?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la eficacia que brindan los curadores químicos de aplicación externa en la elaboración del concreto en proyectos de edificaciones en la región Puno.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar los tipos de curadores químicos de aplicación externa que se emplean en el mercado para la elaboración del concreto en proyectos de edificaciones en la región Puno.

Determinar la dosificación del concreto necesaria para realizar un diseño de mezclas para resistencia del concreto de $f'c=210\text{Kg/cm}^2$?

Realizar los controles de resistencia del concreto a diferentes edades de vaciado aplicando los curadores químicos más empleados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

Durand & Salazar (2021) en su tesis de grado *Aditivos químicos aplicados durante el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto* nos indican que el curado del concreto al aplicar aditivos químicos en el fraguado del concreto se mejora las propiedades mecánicas de este. En esta tesis se realizó una investigación descriptiva empleado la metodología deductiva. En su trabajo se presentan acciones favorables en la aplicación del curado utilizando elementos químicos, alcanzando valores de resistencia del concreto para una edad de vaciado a los 28 días de curado, aun superando este valor, el curador químico empleado a base de cera fue el que dio mejores resultados. Se realizó ensayos a la flexión y tracción del concreto utilizado, aplicando elementos químicos en su mayoría versus curado mediante la inmersión del concreto en agua. A la edad de 28 días, la capacidad a compresión en estos casos se incrementó empleando mas tiempo de curado y en otros casos se obtuvieron resistencias parecidos al curado en agua sumergida. Con referencia a la absorción capilar, cuando se aplicó aditivos al concreto se tiende a tener una mayor absorción capilar con respecto al curado en agua sumergida. En este

trabajo se concluyó que, al aplicar elementos químicos en el curado se obtiene resistencias de compresión, que superan en 66% de la capacidad nominal a los 28 días vaciado; la capacidad a la tracción obtenida fue del 92% como promedio, con referencia al curado patrón. además, se obtuvo una capacidad a la flexión promedio del 99% comparado con el curado sumergido en agua; además se obtuvo un mayor valor de absorción final promedio de 37% con respect al método sumergido en agua en laboratorio a los 28 días de vaciado.

Larijo (2019) en su tesis de pregrado, *Comparación de los curadores químicos de concreto para resistencia a la compresión de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* , evalúa el comportamiento a la compresión de los concretos curados con aditivos químicos y demuestra la eficiencia de utilización de estos curados. El método utilizado para el diseño de mezclas fue del ACI del comité 211, se ensayó 60 probetas de los cuales 12 testigos se emplearon como muestras de concreto patrón y las 48 restantes se utilizaron para el pruebas con aplicación de: Sika Cem Curador y Membranil Chema. Las muestras ensayadas se realizaron a las edades de: 7, 14 y 28 días, con resultados encontrados que manifiestan que el concreto curado con Membranil Reforzado alcanza el 80% y el curado empleando Sika Cem Curador llega al 79% de la resistencia nominal, y las muestras base sumergidas en agua, llegaron al 100%. Se afirma que las resistencias obtenidas con los curadores químicos con el elemento de membrana y Sika Cem Curador no alcanzan el obtenido con curado sumergido en agua, además se observa un resultado mayor del primero sobre el segundo.

Medina & Quispe (2017), en su tesis de pregrado en la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa intitulada *Protección óptima en el proceso de curado*

y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo, presentan un trabajo experimental que comienza con la preparación de dos diseños de mezclas patrón para dos tipos de cementos. Para la ejecución de las muestras se usaron las probetas cilíndricas estandarizadas. Los grupos fueron de tres especímenes de muestra para lo cual se empleó dos cementos que se utilizados comúnmente: IP y cemento TIPO I. Se realizó una serie de tres probetas de concreto para secciones de control ideales, grupos con congelamiento y grupos experimentales. Los grupos ideales fueron curados en situaciones óptimas. Los grupos de control fueron ensayados de dos maneras, por aspersión y sumergidos los mismos que se sometieron a ciclos de congelamiento y descongelamiento, y los grupos experimentales fueron conformados por muestras de concretos establecidos: con polietileno, polietileno con aserrín, con poliestireno expandido, con polietileno con burbuja, polietileno con espuma de poliuretano y con un aditivo Antisol S, estos fueron curados de dos maneras, por aspersión y sumergidos los mismos que también serán ensayados en etapas de congelamiento y descongelamiento. Las etapas de congelamiento y descongelamiento recrean la situación del concreto alas condiciones severas del clima en zonas muy frías, donde las temperaturas llegan a grados bajo cero en poco tiempo de exposición.

Rodríguez & Gasdaly (2016) en su tesis de pregrado en Ingeniería Civil, titulada Resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar diferentes métodos de curado: inmersión, aditivo y riego, 2016, basan su estudio de la resistencia a compresión del concreto utilizando diversos métodos de curado. Para la puesta a prueba de las probetas de concreto se realizó un diseño de

mezcla por el método establecido, el mismo que se asumió como un concreto base para las muestras, después se confeccionaron las muestras de concreto en laboratorio, se consideraron diez testigos de concreto por cada método de curado que son: por sumersión en agua, utilización de aditivo, por aspersión y sin curado. El tiempo de ensayo de la compresión en las probetas ensayadas son a las edades de 07, 14, 21 y 28 días. Las muestras fueron sometidas a ensayo de compresión axial obteniendo de acuerdo a la carga aplicada la deformación hasta la rotura de las muestras correspondientes. Con los resultados encontrados se elaboraron las curvas t no necesariamente de Esfuerzo vs. Deformación. Finalmente se obtuvo que el método de inmersión ideal fue el que obtiene una resistencia del 100%, y los otros métodos de curado bordean el 90%, esto es favorable a la inmersión por ser un procedimiento optimo que no se reproduce en la ejecución por diferentes motivos.

Medina (2014) presenta su artículo a la Escuela Colombiana de estructuras de la Universidad Santo Tomas de Aquino sede Tunja denominado: El curado del concreto en la construcción, donde realiza ensayos piloto de compresión, según las normas técnicas de Colombia, dichas probetas se ensayaron a deferentes condiciones de curado en laboratorio e in situ obteniendo resistencias a la compresion de 21 Mpa y 28 Mpa, con diseños de mezclas de acuerdo a normativa de la región. Luego se presentan resultados al ensayar dichos cilindros a la compresión axial encontrando que los curados bajo inmersión en agua son los más eficientes, sin embargo, al aplicar algún aditivo químico estos se aproximan a la resistencia de diseño. Tomar en consideracion las diversas formas de aplicación de los diferentes metodos y tipos de curado, hay que tomar

en cuenta además que en obra generalmente el proceso de inmersión que se realiza en un laboratorio no se cumple a cabalidad, esto debido a muchos factores que se deben de controlar.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de un material es la capacidad de soporte que tiene este al ser sometido a una acción externa que puede ser una carga estática, dinámica y/o cíclica en una determinada sección de apoyo, en laboratorio la prueba consiste en someter especímenes o muestras del material a fuerzas axiales que comprimen la misma a manera de aplastamiento hasta alcanzar la rotura del material para luego interpretar el tipo de falla y el valor del esfuerzo al producirse el colapso que en el caso de las muestras ensayadas es la resistencia de rotura en compresión.

2.2.2 Diseño de mezclas

Diseño de mezclas es la determinación de las cantidades adecuadas de los elementos componentes de una unidad cúbica de mezcla, es el proceso donde se seleccionan las cantidades necesarias y la combinación adecuada de sus materiales considerando el factor económico de los mismos, cuyo propósito es el de obtener una mezcla que en su estado fresco tenga una trabajabilidad y consistencia necesarias; y que al endurecer se cumpla con los requerimientos que emanan del diseño y están plasmados en los planos y en las especificaciones del expediente. El diseño debe ser realizado por personal con la experiencia necesaria para que los resultados sean los esperados.

Al seleccionar las cantidades óptimas de los componentes del concreto, se debe considerar que los componentes están definidas por:

- Las características que debe cumplir el concreto una vez que alcance su dureza, las que son establecidas por el diseñador y se plasman en los documentos de obra.
- Las propiedades del concreto fresco, que son determinadas por el ingeniero ejecutor de acuerdo a las características, tipo de obra y los procedimientos empleados en la colocación de la mezcla de concreto.
- El factor económico que viene a ser el costo del metro cúbico de concreto.

2.2.3 Curado

El curado es la acción de mantener la cantidad de agua necesaria a temperaturas satisfactorias en el concreto luego del vaciado y colocación del mismo, con el propósito de obtener la resistencia calculada en el diseño. Al mezclar el cemento con el agua y los agregados se produce la reacción química llamada hidratación cuyo grado de completación define las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto.

Hay varios elementos determinantes en el diseño de la mezcla como la temperatura a la que está expuesta la mezcla de concreto, de la humedad del entorno, del viento y otros factores. Hay condiciones adversas que se pueden presentar como es la baja humedad relativa, gran diferencia entre la temperatura ambiental y del concreto, y otras. En conclusión lo que se busca es mantener en lo posible la humedad en la mezcla del concreto, evitando

una rápida pérdida de humedad hasta que las reacciones químicas se completen y así evitar su agrietamiento al producirse la desecación antes de tiempo. En la práctica el curado en el concreto es por una semana debido a que en este periodo se desarrollan las resistencias iniciales requeridas en su mayor porcentaje. El concreto, luego va ganando resistencia a medida que pasa el tiempo. Es menester considerar las siguientes características: mantener una temperatura adecuada, retener la salida violenta de la humedad e impedir la acción del viento para dejar que el concreto frague lentamente hasta alcanzar la resistencia requerida en el diseño.

2.2.4 Compuestos químicos aplicados en el curado

Los curadores químicos líquidos se rigen según la norma ASTM C309 y son los compuestos conformados por membranas líquidas aplicadas externamente por medio de aspersión sobre el concreto vaciado.

Son elementos líquidos químicos cuya función primordial es evitar y disminuir la pérdida superficial de agua en el concreto fresco, que al ser aplicados generan una lamina sobre el concreto sin afectar el fraguado. En el mercado existe una gran variedad de curadores los hay a base de cera, a base de acrílico y a base de silicatos que además de cumplir la función de curado, cumplen los requisitos adicionales de mejorar la apariencia superficial del concreto, reducir la fisuración, minimizar la retracción e incrementar la capacidad de resistencia a las heladas.

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación.

El trabajo presentado de acuerdo a los datos tratados es del tipo cuantitativo, descriptivo de corte aplicativo y según la temporalidad es un estudio transversal, esta investigación se plantea para estudiar la eficiencia que se obtiene con la aplicación de los metodos de curado de más comunes en la confección del concreto en obras de infraestructura, analizando la única variable: Eficiencia de los curadores químicos. (Hernández et al., 2014).

3.2 Diseño de la investigación

De acuerdo al propósito y alcances del presente trabajo investigativo, se presenta un diseño no experimenta aplicativo simple.

3.3 Población

Son considerados todas los ensayos de resistencia a la compresión realizados en la ciudad de Puno.

3.4 Muestra

De acuerdo a la naturaleza de la investigación descriptiva no experimental, se adopta una muestra a conveniencia no estadística, de la siguiente manera:

4 probetas cilíndricas curadas de manera estándar.

4 probetas cilíndricas serán expuestas a condiciones ambientales.

4 probetas cilíndricas curadas con curador químico Sika Cem curador (SC)

4 probetas cilíndricas curadas con curador químico Membranil B (MB).

4 probetas cilíndricas curadas con curador químico Z Resinoide (ZR):

4 probetas cilíndricas curadas con curador químico Kurez Seal (KS)

Total, probetas a elaborar: 24

3.5 Instrumentos para la recolección de datos

Para este caso la recolección de datos corresponde como instrumento a las normas técnicas y formatos de los ensayos estándares efectuados en el laboratorio de materiales y concreto con la rotura de las probetas de concreto de acuerdo a las edades de la mezcla de acuerdo a las diferentes edades del vaciado.

Los instrumentos son las prensas de compresión y los formatos establecidos para la toma de datos los mismos que cumplen la normativa especificada.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de Resultados

4.1.1 Ubicación de la zona de estudio

La ubicación de Puno tiene las coordenadas de posición geográficas $15^{\circ}50'15''S$ $70^{\circ}01'18''O$, el que abarca desde la orilla del lago Titicaca en la parte del oeste, hasta la zona alta denominada Ventanilla y la altitud fluctúa entre los 3.800 a 4.060 msnm. En la ciudad de Puno el clima es frío, subhúmedo, con un ambiente seco en Verano y con una radiación solar elevada, se presentan precipitaciones pluviales anuales entre los meses de diciembre a abril, además hay esporádicas precipitaciones de granizo y nieve, en promedio la precipitación tienen valores de 700 mm. La temperatura en Puno varía entre $21^{\circ}C$ y $-22^{\circ}C$.

Cantera.

Se encuentra ubicada en Puente Cutimbo, en la carretera Puno- Laraqueri (tramo 5 Interoceánica). La cantera está a cargo de la Municipalidad Distrital de Pichacani – Laraqueri. Carretera a Miquegua Progresiva 23+056. Los materiales predominantes son la arena de río y grava

4.1.1.2 Ensayos estandar a los agregados.

Se efectuaron estudios para los agregados grueso y fino conforme a las normas del MTC (2000) en el rubro de ensayo de materiales, el laboratorio donde se realizaron los ensayos y pruebas es el Megalaboratorios del Sur S.R.L ubicado en la ciudad de Puno.

Tabla1

Ensayos realizados al agregado grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma NTP	Norma ASTM	Resultados obtenidos	Observaciones
Contenido de humedad, %	MTC E 108	-	D2216	4.630	<i>Conforme</i>
Módulo de finura, Adimen.	-	-	-	6.820	<i>Conforme</i>
Porcentaje de humedad saturado, %	-	-	-	5.230	<i>Conforme</i>
Peso específico masa saturada, gr/cm ³	MTC E 206	NTP 400.021	-	2.165	<i>Conforme</i>
Peso específico aparente, gr/cm ³	MTC E 206	NTP 400.021	-	2.359	<i>Conforme</i>
Absorción, %	MTC E 206	NTP 400.021	-	3.950	<i>Conforme</i>
Porosidad, %	MTC E 206	NTP 400.021	-	3.800	<i>Conforme</i>
Peso unitario suelto (PUS), gr/cm ³	MTC E 203	NTP 400.017	-	1.446	<i>Conforme</i>
Peso unitario compacto (PUC), gr/cm ³	MTC E 203	NTP 400.017	-	1.580	<i>Conforme</i>

Tabla2*Ensayos realizados al agregado fino*

Ensayo	Norma MTC	Norma NTP	Norma ASTM	Resultados obtenidos	Observaciones
Contenido de humedad, %	MTC E 108	-	D2216	6.050	<i>Conforme</i>
Módulo de finura, Adimen.	-	-	C33	3.130	<i>Cumple</i>
Porcentaje de humedad saturado, %	-	-		15.76	<i>Conforme</i>
Gravedad específica masa saturada, gr/cm ³	MTC E 205	NTP 400.022	-	2.383	<i>Conforme</i>
Gravedad específica aparente, gr/cm ³	MTC E 205	NTP 400.022	-	2.256	<i>Conforme</i>
Absorción, %	MTC E 205	NTP 400.022	-	6.596	<i>Conforme</i>
Porosidad, %	MTC E 205	NTP 400.022	-	6.200	<i>Conforme</i>
Peso unitario suelto (PUS), gr/cm ³	MTC E 203	NTP 400.017	-	1.456	<i>Conforme</i>
Peso unitario compacto (PUC), gr/cm ³	MTC E 203	NTP 400.017	-	1.533	<i>Conforme</i>
Material que pasa el tamiz N°200, % máximo	MTC E 202	NTP 400.018	-	2.76	<i>Conforme</i>

4.1.1.3 Curadores químicos empleados para el concreto en la investigación

De acuerdo al propósito de este trabajo se evaluarán los productos químicos masutilizados en la región de Puno. Los curadores utilizados en el presente trabajo son los siguientes:

Kurez Seal (KS): recomendado para curar concreto caravista.

Membranil B (MB): recomendado para curar concretos en altura.

Sika Cem curador (SC): recomendado para curar concreto en general.

Curador Z Resinoide (ZR): recomendado para curados en todo tipo de clima.

Tabla 3

Resumen de curadores químico utilizados en la investigación

Cuadro resumen de curadores químicos de aplicación externa utilizados en la investigación								
Curador	Descripción	Composición general	Tipo de climas	Normas referencia	Presentación	Rendimiento	Datos técnicos	Costo
Kurez Seal	Compuesto líquido retenedor de agua que forma una película sobre la superficie de concreto fresco controla al máximo la evaporación	Mezcla de silicatos en disolución	No menciona en la H.T. según proveedor para todo tipo de clima	Cumple norma ASTM C - 309	Cilindros de 230 kg (190 L) y baldes de 25 kg (21 L.)	Rendimiento 5.0 m ² /l – 6 m ² /l, consumo de 0.17 a 0.2 l/m ² .	Apariencia: Líquido Densidad: 1.21 kg/L	Kurez Seal x 25kg a S/. 70.80 (Inc. IGV)
Membranil B	Es un curador líquido transparente que proporciona la hidratación requerida, provee una película resinoide en el concreto fresco, tiene la capacidad de retención hasta del 95% de agua del concreto durante los primeros 7 días	Solución de resinas de solvente alifático.	Ideal para climas fríos, incluso bajo 0°C	Cumple norma ASTM C-309, Tipo I, Clase B	Envase de 5 gal. Envase de 55 gal.	Rinde 20m ² /gal. no exceder los 20m ² /gal.	Apariencia: Líquido. Color: Ámbar. Densidad: 3.10 – 3.20 kg/gal.	Membranil B x 5 Gal. a 269.78 (Inc. IGV)
Sika Cem curador	Es un compuesto que se aplica en forma de polvo sobre el concreto fresco, al ser aplicado forma una película impermeable que se adhiere a la superficie del concreto, además evita la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto	Silicato de sodio	No menciona en la H.T. según proveedor para todo tipo de clima	NICC Ed.1 (Norma Internacional de control de Calidad)	Balde x 4 L Balde x 20 L	Rendimiento es de 5 m ² por litro de Sika Cem Curador 0,2 L/m ² .	1.11 +/- 0.01 kg/L	Sika Cem curador x 20 Litros a S/.98.00 (Inc. IGV)
Curador Z resinoide	Es un compuesto líquido que al aplicar forma una membrana de curado, su aplicación es especial para climas fríos.	Barniz transparente	Especial para climas fríos.	Satisface las normas ASTM C 309 Tipo I, ACI – 308	5 galones 55 galones	Rinde 20 m ² por galón	0.85 +/- 0.01 kg/L	Curador Z Resinoide x 5 Gal. a S/.159.30 (Inc. IGV)

4.1.1.4 Preparación del concreto.

Los ensayos estándar de los agregados para la preparación del concreto se presentan a continuación:

Tabla 4

Propiedades físicas de los materiales previas al diseño.

Descripción	Unidad	Agregados	
		Grueso	Fino
Tamaño máximo	Pulg	3/4"	Nº4
Peso específico	kg/m ³	2165	2383
Peso unitario	kg/m ³		
Peso unitario suelto (PUS)	kg/m ³	1446	1456
Peso unitario compacto (PUC)	kg/m ³	1580	1533
Contenido de humedad	%	4.630	6.050
Absorción	%	3.950	6.596
Módulo de fineza	Adimen.	6.820	3.140

4.1.2 Diseño de mezclas por el método ACI

Existen muchos métodos de cálculo para el diseño de mezclas que permiten dosificar las proporciones de concreto de peso normal. En estos métodos primero se establece una aproximación de las proporciones para luego realizar la verificación con vaciados de prueba en campo o laboratorio, y finalmente se efectúan los ajustes suficientes para obtener en concreto con las características deseadas.

4.1.2.1 Diseño de Mezclas 210 kg/cm².

Resistencia requerida : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Clima : Frío

Temperatura ambiente : -4°C a 17°C

Tipo de control en obra : dosificación por volume.

- **Asentamiento.**

Utilizando la tabla correspondiente se selecciona un asentamiento de mezcla plástica que corresponde de 3" a 4"

- **Tamaño máximo del agregado.**

El tamaño máximo seleccionado es T.M. = 3/4".

- **Agua de mezclado**

El agua necesaria para obtener la consolidación seleccionada depende de las propiedades de los aridos como el tamaño máximo, la forma de partículas y la granulometria de los componengtes. El Volumen unitario de agua para la mezcla de concreto es de 205 L/m³

- **Selección de la relación agua/cemento.**

La relación agua - cemento en este trabajo será determinada por el criterio de resistencia, luego de los cálculos se obtiene un valor de a/c=0.60.

- **Cantidad de cemento**

La cantidad de cemento necesario se obtiene del agua de la mezcla de acuerdo a la relación agua/cemento

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{205}{0.60} = 340.25 \text{ kg/m}^3 = 8.01 \text{ bolsas}$$

- **Contenido de agregado grueso**

El peso del agregado grueso por unidad de volumen es igual a 926.11 kg

- **Contenido de agregado fino**

El peso del agregado fino seco por unidad de volumen es igual a 539.94 kg

- **Ajustes debido la cantidad de humedad de los agregados**

$$\text{Peso agregado grueso humedo} = [926.11]x(1 + 4.63\%) = 968.99 \text{ kg}$$

$$\text{Peso agregado fino humedo} = [539.94]x(1 + 6.048\%) = 572.59 \text{ kg}$$

$$\text{Agua en el gregado grueso} = [926.11]x(4.63\% - 3.95\%) = 6.3 \text{ kg}$$

$$\text{Agua agregado fino} = [539.94]x(6.048\% - 6.596\%) = -2.96 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezcla neta} = (205) - (6.3 - 2.96) = 201.66 \text{ L}$$

Tabla 5*Diseño final de mezclas para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Método ACI*

Proporciones en peso.		
Descripción	m³	Proporción (1bol)
Cemento:	387.52 kg	1
Agregado Grueso:	968.99 kg	2.50
Agregado Fino:	530.23 kg	1.37
Agua neta:	201.44 L	22.09 L
Proporciones en volumen.		
Descripción	m³	Proporción (1 pie³)
Cemento:	387.52 kg	1 pie ³
Agregado Grueso:	968.99 kg	2.56 pie ³
Agregado Fino:	530.23 kg	1.41 pie ³
Agua neta:	201.44 L	22.09 L

4.1.3 Elaboración de probetas de concreto

Se confeccionaron testigos de concreto, para ensayarlos a condiciones atmosféricas del sector, para realizar la comparación de acuerdo a las diferentes foemas de curado que son el estándar sumergido en el agua, a condiciones ambientales al aire libre y el sistema de curado con membranas aplicadas externamente que son el curador Kurez Seal, el Membranil B, el Sika Cem curador y el Curador Z Resinoide.

4.1.4 Procedimiento para la elaboración de concreto

4.1.4.1 Moldeado de los cilindros de prueba.

- Se emplearon los moldes cilíndricos de 6” de diámetro y 12” de altura tomar muestras según la NTP 339.183 (2013).
- Se instalo las probetas cilíndricas sobre una superficie nivelada.
- Se llenaron las probetas en tres capas iguales.
- Se realizó la compactación de cada capa.

- Se realizó el nivelado superior con plancha.
- Se rotularon los moldes en la superficie consignando la fecha y la resistencia del concreto ensayado.

Figura 1

Toma de muestras de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Figura 2

Verificación del asentamiento del concreto



4.1.4.2 Curado de los testigos.

Se efectuaron tres formas distintas de curado; la primera forma corresponde al curado por vía húmeda colocando en la poza de curado estandarizado, manteniendo en agua durante 3, 7, 14, y 28. La segunda se efectuó con los curadores químicos aplicados externamente, de acuerdo a las especificaciones propias del producto e indicaciones del fabricante, luego se efectuaron los ensayos de roturas a las edades del concreto 3, 7, 14 y 28 días; y la tercera, se expuso directamente al ambiente sin elemento de curado alguno.

4.1.4.3 Curado de probetas por el método vía húmeda o estandarizado.

Las muestras de concreto se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.183 (2013), sumergiendo en los pozos de curado las probetas identificados adecuadamente.

4.1.4.4 Curado con compuestos químicos.

La aplicación de los curadores se realiza directamente en la superficie de las probetas etiquetadas; el fabricante recomienda que previamente se humedezca la muestra, la aplicación se realizó en una sola capa. La cantidad de aplicación del curador siguió la norma ASTM C 309 (2003), el cual fue de 5.0 m²/L para fines de prueba.

Tabla 6*Tasa de aplicación de compuestos líquidos.*

Cuadro de curadores tasa de aplicación					
Marca de curador	Tasa de aplicación	Densidad	Tasa aplicación 01 probeta (una capa)		
			Superficie	Volumen(mL)	Peso(gr.)
Kurez Seal	5.0 m ² /L	1.21 kg/L	A= 1767 cm ²	35 mL	42.76 g
Membranil B	5.0 m ² /L	0.84 kg/L	A= 1767 cm ²	35 mL	29.69 g
Sika Cem curador	5.0 m ² /L	1.11 kg/L	A= 1767 cm ²	35 mL	39.23 g
Curador Z resinoide	5.0 m ² /L	0.85 kg/L	A= 1767 cm ²	35 mL	30.04 g

4.1.4.5 Curado expuesto a temperatura ambiente.

Para este método se colocaron las muestras a la interperie (fuera del laboratorio), para este caso se siguió la norma NTP 339.033 (2009), se utilizaron las probetas sin curado alguno.

- Los especímenes de concreto son retirados de sus moldes a las 24 horas del vaciado permaneciendo 24 hr más en el laboratorio, y luego son trasladados al medio ambiente.
- Las muestras fueron llevadas a la máquina de compresión axial a los 3,7,14 y 28 días de curados.

4.1.5 Ensayos realizados al concreto

4.1.5.1 Ensayos al concreto en estado fresco.

- Asentamiento

Es la denominada prueba del Revenimiento o Slump, que determina la consistencia del concreto como parámetro para diseñar el concreto. La norma técnica es la NTP 339.035 (2009).

- Cálculos de campo

Tabla 7

Determinación del asentamiento, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Clase de Concreto: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$						
Muestra	Descripción	Hora	T. Amb. (°C)	T. Conc. (°C)	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg)
M-1	Asentamiento 1	8:25:00 a. m.	13.5	13.2	8.58	3 3/8
M-2	Asentamiento 2	8:30:00 a. m.	13	13.0	8.40	3 1/3
M-3	Asentamiento 3	8:40:00 a. m.	14	13.2	8.31	3 1/4
Promedio					8.43	3 1/3

- Contenido de aire en el concreto

El método utilizado es de presión donde se determina la cantidad de aire en el concreto fresco, monitoreando la variación del volumen con respecto a la variación de la presión. La norma técnica es NTP 339.083 (2003).

- Cálculos de campo

Tabla 8

Determinación del contenido de aire atrapado, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Clase de concreto: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
Muestra	Hora	T. Amb. (°C)	T. Conc. (°C)	Contenido aire (%)
M-1	10:10:00 a. m.	15.0	13.5	1.50
M-2	10:25:00 a. m.	15.2	13.0	1.60
Promedio				1.55

- **Peso unitario del concreto y rendimiento**

El método empleado es el gravimétrico que determina el peso volumetrico, el rendimiento y la cantidad de aire en el concreto. La norma técnica es NTP 339.046 (2008).

Tabla 9

Peso unitario del concreto fresco, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$			
Descripción	M-1	M-2	M-3
Peso recipiente +concreto (kg)	38.80	37.10	38.95
Peso recipiente (kg)	11.68	11.68	11.68
Peso concreto fresco (kg).....Wc	27.12	25.42	27.27
Peso del agua en el recipiente (kg).....Wa	12.42	12.42	12.42
Factor de calibración del recipiente ($1/\text{m}^3$).....f	80.52	80.52	80.52
Peso unitario (kg/m^3)	2183.57	2046.70	2195.65
Promedio		2141.98	

- **Rendimiento**

El rendimiento del concreto se obtiene en metros cúbicos como unidades y se expresa por bolsa de cemento. La norma técnica es NTP 339.046 (2008).

El rendimiento obtenido para nuestro concreto de 210 kg/cm^2 es de $0.107 \text{ m}^3/\text{bolsa}$

- **Temperatura del concreto**

La temperatura de la mezcla de concreto se realizo según la norma EM 2016, MTC E 724.

- **Resultados de las lecturas**

Tabla 10*Determinación de la temperatura del concreto en campo, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$*

N	Fecha	Descripción	T. concreto (°C)	T. ambiente (°C)
1.00	21/08/2018	Probetas tratadas con curado estándar	13.5	13.00
2.00	21/08/2018	Probetas expuestas a intemperie (sin curar)	14.6	13.60
3.00	21/08/2018	Probetas tratadas con curador Kures Seal	15.1	15.00
4.00	21/08/2018	Probetas tratadas con curador Membranil b	15.0	15.80
5.00	21/08/2018	Probetas tratadas con curador Sika Cem	15.1	15.00
6.00	21/08/2018	Probetas tratadas con curador Z Resinoide	14.9	15.10
Promedio			14.7	14.58

- **Condiciones atmosféricas durante el curado del concreto**

Las condiciones atmosféricas son variables de acuerdo a la zona y la época, es necesario describir las condiciones atmosféricas durante el periodo de curado, con el fin de conocer el empleo de sistemas de curado en otras épocas del año y en diferentes zonas, los resultados obtenidos pueden diferir de acuerdo a las condiciones atmosféricas. La estación Puno permitió hacer el monitoreo de la temperatura ambiente que depende del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI, Cod. 110820. Durante las acciones llevadas a cabo en el proceso de elaboración, maduración y curado del concreto analizado en el presente trabajo no se presentaron precipitaciones pluviales. Con el objeto de ver los ciclos que favorecen o desfavorecen la aplicación de los métodos del curado se presenta la siguiente tabla.

Tabla 11

Estadística de condiciones atmosféricas durante el periodo de curado, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Periodo	Estadística	Temperatura (°C)	Precipitación diaria (mm)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/seg.)	Evaporación (mm)
0-3 días	Máxima	16.6	0.0	60.0	3.3	3.6
	Mínima	-2.0	0.0	47.0	1.3	3.0
	Promedio	7.8	0.0	54.0	2.5	3.3
	Desv. Est	8.694	0.000	5.354	0.849	0.275
3-7 días	Máxima	16.4	0.0	64.0	3.3	3.3
	Mínima	0.2	0.0	57.0	2.0	2.6
	Promedio	8.6	0.0	59.5	2.5	3.0
	Desv. Est	7.356	0.000	3.109	0.568	0.330
7-14 días	Máxima	19.2	0.0	67.0	3.0	4.3
	Mínima	-1.4	0.0	55.0	1.7	2.2
	Promedio	8.9	0.0	60.4	2.3	3.2
	Desv. Est	7.348	0.000	4.756	0.427	0.658
14-28 días	Máxima	18.8	0.0	59.0	3.3	4.5
	Mínima	-0.4	0.0	42.0	1.3	2.6
	Promedio	9.7	0.0	53.6	2.1	3.6
	Desv. Est	7.366	0.000	4.781	0.608	0.593

Nota: Datos tomados de SENAMHI (2020)

4.1.5.2 Ensayos en el concreto en estado endurecido.

La propiedad principal del concreto endurecido es la compresión, en especial en el diseño estructural, la calidad del concreto efectúa con ensayos de resistencia sometiendo 02 probetas de concreto para diferentes edades de vaciado: 3, 7, 14, 28 días, para diseños de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con diferentes tipos de curado empleando compuestos químicos de aplicados externamente. Se elaboraron 20 especímenes en total.

- Especímenes curados en laboratorio (estándar)

Las muestras para las pruebas de resistencia a compresión, deben cumplir las normas ASTM C 39 (2017).

Según la norma del ACI 318M (2011), se considera una resistencia satisfactoria si cumple lo siguiente:

- a. Si el promedio aritmético de tres ensayos consecutivos es igual o superior a la resistencia de compresión requerida.
- b. Si ningún resultado del ensayo es menor que la resistencia de diseño en más de 35 kg/cm^2 para resistencias menores a 350 kg/cm^2 , o por más de $0.10 f'c$ para las resistencias mayores a 350 kg/cm^2 .

- **Especímenes curados en obra**

Si se requiere evaluar como se comporta el curado en diferentes elementos estructurales y comprobar si la estructura va a funcionar adecuadamente cuando entre en servicio, se producen muestras representativas en la obra, permaneciendo cerca de la obra a la que representan y son curadas con métodos similares, en el mismo tiempo que las probetas que van a ser curadas en laboratorio. Sin embargo, la cantidad de muestras ni el tamaño de los cilindros de prueba son mencionados en la norma se emplearon los cilindros mas comunes de 150 x300 mm. La norma indica que las muestras curadas en campo deben tener una resistencia a la compresión mayos o igual al 85% de sus compañeras curadas en forma estándar, esto solo es referncial, no como un criterio de aceptación; si las muestras curadas en obra tienen una resistencia mayor a 35 kg/cm^2 que la resistencia requerida, las muestras son aceptadas asi se obtengan menos de 85% de la resistencia de las muestras compañeras curadas de forma estándar.

- **Programación de probetas de concreto**

Para efectuar los ensayos de la Resistencia del concreto endurecido, se trabajó con especímenes de 15 cm de diámetro y 30cm de altura:

Tabla 12

Cantidad de probetas cilíndricas elaboradas y ensayadas.

Probetas elaboradas						
Tipo	Húmedo (patrón)	Kurez Seal	Menbrasil B	Sika Cem	Z Resinoide	Expuesto
Edad	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c
Días	210	210	210	210	210	210
3	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1
Suma	4	4	4	4	4	4
Total, de probetas para ensayo de resistencia a la compresión						24

- **Resistencia a la compresión axial**

La norma aplicada es la ASTM C 39 (2017): que indica el metodo normalizado para robtener la resistencia a la fuerza axial de las muestras cilindricas de concreto, cuyo procedimiento indica la aplicación de fuerza en forma axial constante en la cara superior de la muestra hasta que se produzca la rotura de la muestra, y la capacidad a la compresión es un esfuerzo que resulta de la máxima fuerza aplicada entre la sección de la muestra.

La capacidad de resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos se determina mediante la acción de una fuerza normal de compresión en las probetas hasta que lleguen al colapso, mediante métodos estandarizados.

Figura 3

Prensa de compresion



- Resultados obtenidos

Se elaboraron 24 muestras cilíndricas para las mezclas de concreto sometendolas a diferentes curados de acuerdo a los objetivos del presente trabajo, un subgrupo se curó de manera estándar. Las muestras extraidas fueron sometidas a la fuerza de compresión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días.

4.2 Resultados finales

4.2.1 Eficiencia del curado en el concreto

La tabla 14 evidencia los resultados encontrados para los diversos grupos.

Tabla 13

Resistencia del concreto para los métodos de control.

f'c	Curado	f'c (kg/cm ²)			
		3 días	7 días	14 días	28 días
210	Húmedo (patrón)	143.85	220.10	244.60	256.36
	Kurez Seal	105.65	150.60	183.27	193.16
	Menbranil B	124.95	174.49	209.70	219.80
	Sika Cem	95.19	156.20	181.79	187.22

Z Resinoide	120.00	184.05	222.38	233.81
Expuesto	68.18	95.79	105.69	115.20

Tabla 14

Resistencia del concreto en porcentaje con respecto al f_c de diseño.

f_c	Curado	f_c (kg/cm ²)			
		3 días	7 días	14 días	28 días
210	Húmedo (patrón)	68.49%	104.78%	116.48%	122.10%
	Kurez Seal	50.40%	71.70%	87.30%	92.00%
	Menbrasil B	59.50%	83.10%	99.80%	104.60%
	Sika Cem	45.30%	74.40%	86.60%	89.20%
	Z Resinoide	57.10%	87.60%	105.90%	111.30%
	Expuesto	32.50%	45.60%	50.30%	54.90%

4.2.2 Discusión de resultados

Para la resistencia $f_c=210$ kg/cm² los especímenes curados en laboratorio CP, MB y ZR sobrepasan la compresión de diseño obteniendo 22.105%, 4.60% y 11.30% de más con respecto a la resistencia de diseño respectivamente. Las muestras sin curado obtienen resistencias muy bajas esto debido al clima característico de Puno. De acuerdo a lo procedido, el curado patrón presenta una mejor resistencia a los 28 días, los curados químicos tienen un comportamiento regular que en algunos casos obtienen resistencias mayores a la de diseño y por último el curado expuesto al medio ambiente tiene las resistencias más bajas lo que pone de manifiesto la importancia del curado en el concreto.

Las muestras curadas de forma estándar, que tienen un proceso adecuado de curado son las que preferentemente se emplean para lograr la resistencia del concreto. Además, para determinar la eficiencia del curado de las muestras de obra, los cilindros curados de manera estándar se utilizan como muestras patrón, para realizar las comparaciones pertinentes.

4.2.3 Análisis de la resistencia de las muestras curadas con elementos químicos.

Según la norma de concreto vigente se recomienda respecto a las muestras curadas en obra que la forma del curado y la protección del concreto vaciado en campo debe mejorarse cuando la resistencia a la compresión f'_c , sea menor al 85% de la resistencia de las muestras que fueron curadas en laboratorio. Esta limitante no se aplica cuando las muestras curadas en la obra excedan en más de 35 kg/cm².

Las siguientes tablas muestran los resultados para efectuar las comparaciones correspondientes.

Tabla 15

Resistencia del concreto respecto al curado estándar

f'_c	Curado	f'_c (kg/cm ²)			
		3 días	7 días	14 días	28 días
210	Húmedo (patrón)	100%	100%	100%	100%
	Kurez Seal	73%	68%	75%	75%
	Menbranil B	87%	79%	86%	86%
	Sika Cem	66%	71%	74%	73%
	Z Resinoide	83%	84%	91%	91%
	Expuesto	47%	44%	43%	45%

Tabla 16

Resistencia del concreto respecto a la resistencia de diseño.

f'_c	CURADO	f'_c (kg/cm ²)			
		3 días	7 días	14 días	28 días
210	Húmedo (patrón)	143.95	220.10	244.59	256.35
	Kurez Seal	105.75	150.56	183.28	193.14
	Menbranil B	124.85	174.51	209.68	219.76
	Sika Cem	95.23	156.17	181.82	187.23
	Z Resinoide	120.01	184.00	222.35	233.83
	Expuesto	68.15	95.80	105.71	115.22
	f'_c+35 kg/cm ²	245.00	245.00	245.00	245.00

En la tabla 15, se ve la variación de la resistencia porcentual a los 3, 7, 14 y 28 días de vaciado; siendo el 100% el curado estándar para la comparación con los demás tipos de curado, se tendrá en cuenta la compresión a los 28 días y el 85% de resistencia a la compresión del curado patrón. En la Tabla 16, vemos la variación de la resistencia a los 3, 7, 14 y 28 días de vaciado del concreto; también se observa la resistencia requerida + 35 kg/cm² como parámetro para controlar y evaluar los métodos que pasan este límite límite; también se observa que el curado KS resulta el 75% respecto al curado patrón, con una discrepancia del 25% con respecto al parámetro de control; para MB el 86% con una discrepancia del 14%; para SC el 73%, con una discrepancia de 27%; para ZR, 91%, con una diferencia de 09%; y las muestras expuestas al medio ambiente, el 45% con una diferencia del 55%. Solo los curadores membranal B y resinoide Z cumplen los requisitos de las normas.

4.2.3.1 Discusión.

Para la resistencia de 210 kg/cm² que se ha trabajado observamos que el curador ZR y MB obtienen valores mayores a la resistencia requerida; pero esta diferencia es muy pequeña que no significa un error desde el punto de vista estadístico, que acepta un margen de error del 5%.

La resistencia desarrollada a la edad de 28 días por los grupos ensayados, no superan el parámetro de control, $f'c > f'c + 35 \text{ kg/cm}^2$ ($210 + 35 = 245 \text{ kg/cm}^2$); no cumpliendo la recomendación. Los curadores MB y ZR sobrepasan el criterio de aceptación del 85% de la resistencia patrón, los demás no lo hacen.

Tabla 17*Cumplimiento de la aceptación y evaluación de probetas cilíndricas*

Cumplimiento de las recomendaciones del RNE E-060 "Probetas curadas en obra"			
N°	Descripción	f'c>85% (curado patrón) 210	f'c (resistencia en obra)>f'c+35 kg/cm² 210
1	Curado húmedo en Lab. - curado patrón (CP)		<i>Cumple</i>
2	Curador kures Seal (KS)	<i>No cumple</i>	<i>No cumple</i>
3	Curador Membranil B (MB)	<i>Cumple</i>	<i>No cumple</i>
4	Curador Sika Cem (SC)	<i>No cumple</i>	<i>No cumple</i>
5	Curador Z Resinoide (ZR)	<i>Cumple</i>	<i>No cumple</i>
6	Expuesto al medio Amb. (EXP)	<i>No cumple</i>	<i>No cumple</i>

De acuerdo a la tabla 17, el método KS no cumple la norma; MB cumple la recomendación del 85% para el curado estándar; SC no cumple la norma; el curador ZR solo cumple la primera; y finalmente el concreto curado al medio ambiente no cumple la normativa.

En esta investigación, los curadores químicos empleados cumplen estar por sobre el 85% del curado patrón. Con respecto al parámetro incrementando la resistencia de diseño, ningún tratamiento supera el límite. Los compuestos MB y ZR (a base de resina) tienen cierta ventaja sobre los otros, pero estadísticamente no son significativos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Primera. La resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, de las muestras curadas con compuestos líquidos con respecto al curado húmedo en laboratorio como patrón, para las aplicaciones de curado con Z resinoide y B membranal, se obtuvieron valores mayores al 85% de la resistencia del curado húmedo a la edad de 28 días de vaciado, las demás muestras están por debajo del requerimiento.

Segunda. Con respecto a la variabilidad de la resistencia del concreto analizado $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ el curado con compuestos químicos, en comparación con la resistencia requerida mas el incremento del 35 kg/cm^2 , ninguno de los metodos de curado con elementos químicos es mayor a la resistencia especificada más un incremento de 35 Kg/cm^2 a los 28 días de edad de vaciado del concreto.

Tercera. El curado expuesto al medio ambiente, tiene los resultados mas desfavorables puesto que el agua de la mezcla de concreto al no tener algun elemento que permita la retención de su humedad, el fenomeno de

la evaporación actúa ineludiblemente, sin permitir que se llegue a alcanzar la resistencia de diseño, en el mejor de los casos a los 28 días solo llega al 54.9% de lo requerido, como era de esperarse.

5.2 Recomendaciones

Primera. Se recomienda efectuar pruebas de eficacia de curado en obra más específicas si se va a utilizar curadores químicos formadores de membranas, para verificar la capacidad de retención de humedad, preparando probetas bajo condiciones de obra que deben efectuarse en condiciones similares al elemento estructural que se está analizando, y éstas deben obtenerse de la misma muestra de concreto de las muestras curadas en laboratorio.

Segunda. Como los curadores químicos presentaron algunos resultados desfavorables, no significa que el elemento es de mala calidad, sino que se podría realizar dos aplicaciones para mejorar su comportamiento, además existen otros factores que pueden afectar el proceso de fraguado en la resistencia del concreto.

Tercera. En la ciudad de Puno se recomienda la utilización de los curadores químicos a base de resina debido al clima, presentando ligeras mejoras en la eficiencia con respecto a los curadores a base de silicato de sodio.

Cuarta. De acuerdo a las condiciones de obra y la disponibilidad en el abastecimiento de agua para el curado debe analizarse la utilización de este elemento que podría utilizarse en estructuras horizontales, más que en

elementos verticales, en los cuales es más complicada la aplicación de agua teniendo la opción de emplear curadores químicos por su facilidad de aplicación en estos elementos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1994) MEDIA. *Tecnología del Concreto*. Lima: Edit. San Marcos.
- American Concrete Institute. (2011). *ACI, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-11)*.
- Durand, N. & Salazar, Z. (2021). *Aditivos químicos aplicados durante el curado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4746>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación científica* (6ª. ed.). México DF, México: McGraw Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Larijo, A. (2019). *Comparación de los curadores químicos de concreto para resistencia a la compresión de $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$, Moquegua 2019* [Tesis de pregrado Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional – UJCM. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1065>
- Medina, L. & Quispe, N. (2017). *Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2832>
- Medina, W. (2014). El curado del concreto en la construcción. *V Congreso Internacional de Ingeniería Civil*. Universidad Santo Tomás de Aquino sede Tunja. <http://revistas.ustatunja.edu.co>

Rodríguez, S. & Gasdaly, Y. (2016). *Resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² al utilizar diferentes métodos de curado: inmersión, aditivo y riego, 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/10530>

Sánchez, F. (2020). *Guía de Tesis y Proyectos de Investigación*. Lima: Editorial Tarea Asociación Gráfica Educativa.

Tighare, P., y Singh, R. C. (2017). Study of different methods of curing of concrete y curing periods. *International Journal for Research in Applied Science y Engineering Technology*, 5(V), 444-447.