

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Aplicación del método de madurez para calcular la resistencia a la
compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad
de Cerro de Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Lucero Juana DOMINGUEZ GUTIERREZ

Asesor:

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Aplicación del método de madurez para calcular la resistencia a la
compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad
de Cerro de Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
PRESIDENTE

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
MIEMBRO

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 067-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MADUREZ PARA CALCULAR LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210\text{KG/CM}^2$ EN EDIFICACIONES DE
LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO**

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. DOMINGUEZ GUTIERREZ, Lucero Juana

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. YARASCA CORDOVA, Pedro

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

18%

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 26 de febrero del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requiza Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Con mucho deleite, dedico esta investigación de manera especial a Dios por ser mi fortaleza.

A mis padres Marleni y Elí, asimismo a mi hermano Santiago, con amor porque son mis pilares, motivación y apoyo incondicional, quienes me han alentado y forjado en todo momento para seguir cumpliendo mis anhelos.

A mi tía María, con todo mi corazón, por inculcarme valores, guiarme y regalarme muchas alegrías.

Y sin dejar atrás a toda mi familia, a mi inspiración, por ser tan valiosos para mí. A todos con gratitud.

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida, quiero extender mi gratitud a mi alma mater, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y especialmente a la Facultad de Ingeniería por alojarme en sus instalaciones, además me brindó no solo conocimientos teóricos, sino también habilidades, capacidades y valores que me ayudarán a crecer como profesional en el futuro.

A las personas que me manifestaron su apoyo y consejo, lo que me permitió contribuir al máximo posible y evitar caer en este proceso.

A los profesores e ingenieros de la facultad de Ingeniería, E.F.P. Ingeniería Civil que nos brindaron la información necesaria y pusieron las bases fundamentales para nuestro proceso como profesionales.

A mis grandes amigos con los que compartimos horas y horas de estudio, esfuerzo, compañerismo y aventuras inolvidables encaminados hacia nuestros sueños.

RESUMEN

Teniendo el objetivo de esta tesis fue obtener la influencia del método de madurez en la resistencia del concreto en la ciudad de Cerro de Pasco, con una resistencia de 210 kg/cm². El problema general planteado es: ¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm² en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?

Se utilizó el método experimental, la técnica de observación y la ficha de observación. Como también se evaluó la calidad de los materiales, así como las temperaturas utilizadas para cada elaboración de probeta, así como la resistencia de las probetas con la ayuda de un penetrómetro manual y otros factores. Para posteriormente realizar pruebas en el laboratorio sobre los agregados y el diseño de la mezcla a utilizar.

Planteado la hipótesis, se puede concluir que el desarrollo del concreto es variable a temperatura ambiente y según las condiciones climáticas locales, lo que permite la lectura de la resistencia a compresión en una edad temprana, lo que ayudara a la ciudad de Cerro de Pasco con la obtención de la resistencia a compresión con las ayudas de las hojas de cálculo y proyectos actuales.

El método de madurez de acuerdo con ASTM C1074, evita todo el proceso complicado y lo hace rápido y fácil, mediante métodos no destructivos para obtener la resistencia del concreto lo que se propone en la presente tesis.

Palabras clave: Resistencia a compresión, método de madurez, concreto, temperatura.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to obtain the influence of the maturity method on the strength of concrete in the city of Cerro de Pasco, with a strength of 210 kg/cm². The general problem posed is: How does the application of the maturity method estimate the calculation of the compressive strength of concrete $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ in buildings in the city of Cerro de Pasco?

The experimental method, the observation technique and the observation sheet were used. The quality of the materials was also evaluated, as well as the temperatures used for each specimen elaboration, and the resistance of the specimens with the help of a digital penetrometer and other factors. Subsequently, tests were carried out in the laboratory on the aggregates and the design of the mix to be used.

Having stated the hypothesis, it can be concluded that the development of concrete is variable at room temperature and according to local climatic conditions, which allows the reading of compressive strength at an early age, which will help the city of Cerro de Pasco to obtain the compressive strength with the help of spreadsheets and current projects.

The maturity method according to ASTM C1074, avoids the whole complicated process and makes it quick and easy, using non-destructive methods to obtain the strength of concrete which is proposed in this thesis.

Keywords: Compressive strength, maturity method, concrete, temperature.

INTRODUCCION

La presente tesis examina la influencia del método de madurez aplicado sobre la resistencia del concreto para un concreto de 210 kg/cm^2 en la ciudad de Cerro de Pasco. Cual objetivo principal es utilizar el método de madurez para determinar la resistencia a la compresión del concreto de 210 kg/cm^2 , lo que lleva a la siguiente hipótesis: Que usando el método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de la resistencia a la compresión del concreto de resistencia a compresión de 210 kg/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.

Se uso el ASTM C 1074, la norma para evaluar la resistencia del concreto mediante el método de madurez. Lo que, en el año 1989, fue estandarizado por la National Building Specification y desde entonces, los nuevos resultados de la investigación se han utilizado en diversas estructuras.

El método de madurez relaciona el desarrollo de la resistencia a la compresión con la temperatura que presenta. Este método generalmente usa la temperatura del concreto obtenida para obtener la resistencia a compresión del concreto en función al método madurez en edades de los 1, 3, 7, 14 y 28 días. Cual propósito es explorar la curva de madurez en la que se ubican la relación entre la madurez del concreto y su resistencia a compresión.

El **Capítulo I** describe las preguntas que motivaron este estudio y plantea preguntas generales y otras específicas. Por lo que también se describen a los objetivos que se quiere llegar con esta tesis tales como general y específicos. Por otra parte, se describe su importancia y limitaciones.

El **Capítulo II** presenta los antecedentes nacionales e internacionales para el estudio de los efectos de los métodos de madurez sobre el concreto. Se aclararon las bases

teóricas, definiciones de términos, se plantea lo que viene a ser la hipótesis de investigación y se identifica las variables independientes y dependientes involucradas.

El **capítulo III** define el método a usar, describiendo el tipo de estudio, nivel, métodos, diseño y planificación. En este también se obtiene la población y muestra que se utilizarán para los resultados. Este capítulo también define las técnicas e instrumento recolección de datos, por lo que también se necesitara describir las técnicas de procesamiento y análisis de datos, y para finalizar se hablara del tratamiento estadístico y orientación ética que se obtuvo para la presente tesis.

El **capítulo IV** concluye con una descripción de los resultados obtenidos en el estudio. Se analizan en detalle el procesamiento de datos y la prueba de hipótesis, así como la discusión de resultados de la presente tesis.

La autora

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitación de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases teóricas – científicas	17
2.3. Definición de términos básicos	35
2.4. Formulación de hipótesis	37
2.4.1. Hipótesis general.....	37
2.4.2. Hipótesis específicas	37
2.5. Identificación de variables	37
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	41
3.2. Nivel de investigación.....	41
3.3. Métodos de investigación.....	42
3.4. Diseño de investigación	42
3.5. Población y muestra	42
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos	43
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	43
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	44
3.9. Tratamiento estadístico	46
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	48
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	49
4.3. Prueba de hipótesis.....	58
4.4. Discusión de resultados.....	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la temperatura dentro de un ambiente controlado “Manual de tecnología del concreto”	20
Figura 2. Rigidización y Endurecimiento del Concreto.....	22
Figura 3. Proceso de fraguado del concreto	23
Figura 4. Termómetro digital	24
Figura 5. Evaluación de la Madurez del concreto bajo dos distintas temperaturas de concreto	27
Figura 6. Efecto crossover en dos mezclas de concreto a diferentes temperaturas	28
Figura 7. Ecuación Nurse Saúl.....	29
Figura 8. Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Factor Tiempo – Temperatura	33
Figura 9. Relación entre la Resistencia a la Compresión y la Edad Equivalente	34
Figura 10. Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Logaritmo base diez de la Edad Equivalente	34
Figura 11. Curva Granulométrica de Agregado Fino.....	50
Figura 12. Curva Granulométrica de Agregado Grueso	50
Figura 13. Curva de madurez de la variable en el Punto 1	56
Figura 14. Curva de madurez de la variable en el Punto 2	56
Figura 15. Curva de madurez de la variable en el Punto 3	57
Figura 16. Curva de madurez de la variable en el Punto 4	57
Figura 17. Curva de resistencia proyectada y resistencia a la compresión en laboratorio	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacional de Variables e Indicadores.....	39
Tabla 2.	Análisis granulométrico del agregado fino.....	49
Tabla 3.	Análisis granulométrico del agregado grueso	50
Tabla 4.	Contenido de humedad del agregado fino	51
Tabla 5.	Contenido de humedad del agregado grueso	51
Tabla 6.	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	51
Tabla 7.	Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	52
Tabla 8.	Peso específico y Absorción del agregado fino	52
Tabla 9.	Resumen propiedades físicas de los agregados	53
Tabla 10.	Resultados del diseño de mezcla	53
Tabla 11.	Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 7 días	54
Tabla 12.	Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 14 días	54
Tabla 13.	Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 28 días	54
Tabla 14.	Resultado de la madurez y resistencia en estado fresco de las probetas	55
Tabla 15.	Cuadro comparativo de la Resistencia proyectada y la Resistencia en laboratorio.....	58

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El producto final, el concreto, tiene un proceso extenso y cada paso tiene su propio proceso. Tiene varias variantes según la marca del cemento, la cantera de agregados, la calidad del agua, la temperatura, el clima y la fuerza laboral, entre otros factores. Por lo tanto, el uso del método de maduración es un indicador confiable de cómo se comporta el concreto fresco en comparación con el concreto endurecido para lograr la resistencia deseada.

Según la Nacional Ready Mixed Concrete Association (2008):

El método de envejecimiento sirve como un indicador más confiable de la resistencia in situ del concreto durante la construcción que las pruebas de compresión de cilindros endurecidos. La práctica tradicional de medir la resistencia de cilindros mecanizados en obra en las mismas condiciones que la estructura se utiliza para planificar los trabajos de construcción, como retirar o volver a soportar encofrados, rellenar muros de contención, planificar trabajos preparatorios, etc.

Determinan cuándo tensar y volver a tensar, abrir aceras y puentes al tráfico, cortar juntas y completar las medidas de protección contra la intemperie.

Frío Los métodos de curado utilizan el concepto básico de que las propiedades del hormigón se desarrollan con el tiempo a medida que el cemento se hidrata y se calienta. La tasa de desarrollo de resistencia a una edad temprana está relacionada con la tasa de hidratación del cemento. El calor generado por la reacción de hidratación debe registrarse como un aumento de la temperatura del hormigón. La principal ventaja del método de madurez es que utiliza el perfil de temperatura actual del hormigón para estimar su resistencia en el suelo. Los métodos tradicionales que utilizan cilindros de curado in situ no reproducen el mismo perfil de temperatura del concreto y es posible que no predigan con precisión la resistencia.

Los métodos de estimación de la madurez proporcionan información de resistencia en tiempo real porque la madurez se puede obtener en el campo en cualquier momento. Como resultado, los procesos de construcción se optimizan y los planes de construcción pueden basarse en información más precisa sobre la resistencia del sitio.

Los profesionales del sector construcción especialmente involucrados en la especialidad de tecnología del concreto necesitan evaluar, realizar control de calidad insitu del comportamiento y proceso de fraguado del concreto para proyectar de manera adelantada el momento que el concreto alcanza la resistencia proyectada, esto nos puede ayudar a realizar y liberar varias actividades como, desencofrar estructuras, someter cargas vivas, etc. De tal manera que al realizar estas operaciones a temprana edad del concreto no sea un problema de inseguridad

que pueda producirse en la estructura sea el colapso o posibles grietas en las estructuras.

En la norma Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39), que explica la elaboración de probetas cilíndricas que resultan ser los indicadores de cómo evoluciona la resistencia a la compresión del elemento de concreto, pero que tanto representa esta resistencia a la resistencia que se encuentra en el elemento.

Son muchas las razones que indicarían que la resistencia del elemento de concreto es diferente a la resistencia de su probeta cilíndrica de control, entre ellas tenemos:

- Las probetas retienen poco calor en comparación con los elementos de concreto, como las losas, debido a su geometría diferente.
- Los materiales de concreto tienen un historial de curado diferente debido a las condiciones climáticas del lugar de trabajo, mientras que las probetas tienen un historial de curado ideal, es decir, el de un laboratorio.
- En algunos casos, una elaboración inapropiada, ya sea en la probeta o en el elemento, puede tener efectos negativos en la resistencia a la compresión de ambos elementos, aunque ambos tengan formas de elaboración similares.

1.2. Delimitación de la investigación

Por lo que el método de madurez del concreto, permite estimar la resistencia del concreto in-situ, tomando en consideración el curado al que se encuentra sometido, basándose específicamente en:

- La resistencia a la compresión del concreto, deriva de la hidratación que produce el cemento.
- La hidratación es una reacción exotérmica (produce calor).

- Si esta cantidad de calor pudiera medirse, entonces se podría proyectar la resistencia a la compresión del concreto.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimará el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?
- ¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara en el cálculo de los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?
- ¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara en el cálculo la influencia de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.
- Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.
- Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la influencia de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

Durante la ejecución de una obra, enmarcados en un cronograma de avance de ejecución de obra y confiados en un diseño de mezcla del concreto deseado donde la resistencia a la compresión es a través de la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034) que tiene el título de “Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del concreto, en muestras cilíndricas”, para la cual se requiere de laboratorios especializados con profesionales calificados, y la resistencia a la compresión al 100% de los ensayos se programa a los 28 días, y muestran la resistencia potencial que obtuvo, lo que genera confusión porque se cree que esta puede interpretarse como la resistencia del concreto que se ha vaciado con el mismo material más aún cuando estos testigos se encuentran dentro de los laboratorios en condiciones distintas que el concreto en situ, lo cual no tiene las mismas características y se justifican en el código ACI 228 por lo que se refiere a la evaluación del concreto utilizando técnicas no destructivas.

La esencia de lo mencionado es que los tamaños y la temperatura del entorno tienen un impacto significativo en la temperatura de las estructuras hechas de concreto, lo que a su vez está relacionado con la resistencia del concreto. En resumen, no es igual tener concreto en un laboratorio que tenerlo al aire libre.

Dado que no se conoce la resistencia del concreto in-situ, es necesario esperar para confirmar que el concreto haya llegado la resistencia antes de desencofrar la estructura. Por ello el método de madurez, es una técnica sencilla y no destructiva, por lo que en otros países se usa como herramienta adicional de método de control de calidad. Mencionado método se basa en el historial de las temperaturas del concreto durante el tiempo de curado. Además, brinda información de la resistencia del concreto en cualquier momento y en tiempo real, esto nos permite que podemos acelerar el cronograma de ejecución y poder realizar un mejor control de calidad del material, el curado en la resistencia mediante el método de madurez, respaldando los resultados con el método destructivo de compresión para obtener la resistencia del concreto, de esta manera se genera controles de resistencia más eficiente.

1.6. Limitación de la investigación

Las limitaciones son:

- Consideraciones climáticas y altura sobre el nivel del mar.
- Termómetro ambiental.
- Termómetro de concreto.
- Sensores equipo electrónico.
- Equipo compuesto por termocuplas de tipo K

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según López & Castro (2013) en su tesis nombrado “APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA MADUREZ PARA LA ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE FRAGUADO Y RESISTENCIAS DE CONCRETOS INDUSTRIALIZADOS CON EL FIN DE CONOCER LA EDAD DE DESCIMBRADO” nos da a conocer:

Para acortar el período de construcción y obtener eficiencia económica, es necesario optimizar el tiempo de uso del encofrado retirándolo de la estructura lo más rápido posible, considerando la vida útil del concreto que puede soportar la carga. Aparece durante el proceso de construcción.

Dado que la medición de la resistencia determina los plazos del descimbrado, se requiere un equipo calibrado. Esto es posible en estructuras de concreto tradicionales porque los tiempos de retiro del armado son de 14 días y el desencofrado de 28 días. Por lo tanto, los testigos que se toman en el trabajo se pueden enviar al laboratorio para evaluar la resistencia. La implementación de un

método entendible, que permita a los constructores tener aspectos para tomar decisiones sobre el desencofre y la programación de las obras, considerando que la rotación del encofrado se podría realizar de manera más eficiente aplicando el método de madurez.

En los últimos diez años, el método de madurez se ha utilizado para calcular la energía de activación in situ. No obstante, pocas investigaciones utilizan este enfoque para identificar resistencias en edades tempranas. Por lo que se requiere una mejor recopilación de datos sobre las temperaturas tanto del clima como del concreto. En la actualidad, hay herramientas de medición de temperatura que se pueden programar desde el inicio del vaciado para medir en un rango designado.

Se midieron las propiedades mecánicas del hormigón, incluido el módulo de elasticidad. Esto se comparó con el módulo elástico calculado a partir de la norma NSR – 10, lo que indica que la norma sobreestima el módulo elástico del diseño estructural en el caso de estudio. La teoría de Calavera se verificó evaluando las propiedades mecánicas del concreto estudiado, ya que el cambio más importante en la resistencia sin considerar la resistencia a la compresión es la resistencia a la tracción.

Las mediciones de los tiempos de coagulación a diferentes temperaturas llevaron a la conclusión de que los tiempos de coagulación eran más largos a temperaturas más bajas porque la tasa de hidratación dependía de la temperatura. Los cambios en la resistencia a la compresión de los bloques de mortero a diferentes temperaturas de curado muestran que la resistencia a la compresión a baja temperatura y edad temprana es menor que a alta temperatura. En los últimos siglos, la resistencia a la compresión a bajas temperaturas ha sido mayor que a altas temperaturas de solidificación. Para el primer método, el recíproco de la resistencia

a la compresión y la duración de la fractura se tienen en cuenta al determinar la constante de velocidad k como se describe en ASTM C 1074 – 11. Por lo tanto, la edad en el momento de la primera falla, determinada por el tiempo de curado, es el último punto de la gráfica que tiene mayor influencia en el comportamiento de la línea de ajuste de la serie de datos. Dado que el valor de la velocidad k es muy sensible a los cambios en estos parámetros, es muy importante determinar con precisión la pendiente y la intersección.

Los estudios de energía de activación han concluido que una energía de activación más baja significa que el hormigón tiene una edad equivalente mayor en un tiempo más corto en comparación con la edad equivalente calculada del hormigón con una energía de activación más alta. Además, la baja energía de activación significa que la tasa de hidratación es corta.

La validación de las curvas de madurez para muros y losas tuvo éxito en el cálculo de la resistencia obtenida por el método de madurez frente a la resistencia determinada mediante ensayos de campo de la resistencia a la compresión de los cilindros. Como resultado del uso de este método en el campo, se confirmó que se produce una diferencia térmica significativa al medir la temperatura dependiendo de la profundidad de la losa, incluso con un espesor de losa relativamente delgado (10 cm).

Las temperaturas más altas ocurren en el centro de la placa, lo que significa edades equivalentes más altas. Por tanto, se puede concluir que el punto más importante en la medición de la temperatura es la profundidad de 2 cm. Por ello se recomienda medir a esta profundidad ya que es la más importante.

Si decide instalar el equipo a una profundidad de 5 cm o 2 cm, el tiempo de pelado variará en 2 horas y 30 minutos. Esto es muy importante en los sistemas industriales.

Como resultado de comparar el valor de edad del tiempo de curado final con la edad de desmolde calculada por el método de Calavera, se observó que fue mayor que la edad de desmolde de la lámina en todos los puntos de la placa. Tiempo de curación final. El tiempo de curado varía en el peor de los casos 11 horas. Se puede concluir que el tiempo de fraguado final no es un parámetro recomendado para el retiro del encofrado de la losa según lo recomendado por el fabricante del concreto. Por lo tanto, es importante determinar cuándo la losa ha alcanzado la resistencia para soportar las cargas de la construcción.

Según Carrillo Negrete (2011) en su tesis llamado “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA Y DEL TIEMPO DE FRAGUADO EN LA RESISTENCIA ESTIMADA DEL HORMIGÓN MEDIANTE MADUREZ” nos indica:

La caracterización del cemento de alta resistencia en hormigones estructurales de gran escala aumenta significativamente la temperatura del hormigón, alcanzando valores superiores a los sugeridos en la literatura. En este estudio, se investigó la reducción de la resistencia a la compresión del hormigón debido a la alta temperatura, la evaluación de la resistencia en función de la madurez y el tiempo de curado en el trabajo de diseño de hormigón sólido. Para ello se analizó la resistencia a la compresión y el tiempo de curado a diferentes temperaturas y se realizaron ensayos iniciales (1 día, 3 días, 7 días) y de largo plazo (28, 60, 210 días) sobre concreto endurecido a una temperatura que representa la resistencia térmica real. dar. Es causada por elementos de hormigón con masa

estructural (temperatura máxima 40-95°C). Esto se comparó con la resistencia a la compresión del mismo hormigón curado en condiciones de temperatura estándar (23°C). Se investigaron como variables independientes los tipos de cemento (diferente contenido de puzolana natural y finura de Blaine) y dosis (350 y 450 kg/m³) y diferentes temperaturas de lote (10, 23, 40°C).

A mayor temperatura máxima, mayor es la tasa de aumento de la resistencia en la edad inicial, pero se determinó que la resistencia disminuye a mediano y largo plazo en comparación con el mismo concreto durante el endurecimiento estándar. El comportamiento observado depende de la dosificación de puzolana y de la finura del cemento. Se concluyó que para concretos que contengan cemento que contenga 0, 15 y 35% de puzolanas, las temperaturas no deben exceder los 55, 70 y 75°C respectivamente. Además, se han estudiado técnicas de envejecimiento para predecir la resistencia a la compresión del hormigón expuesto a temperaturas elevadas. Los límites de predicción se analizaron por edad, tipo de cemento y rango de temperatura. Al evaluar el método ASTM C 1074-04 se obtuvieron valores entre -6,2 y 5,9°C para T₀ y 25.000 y 47.000 J/mol. Se evaluó la precisión de las predicciones y se concluyó que el método tiene un margen de error promedio del 25% y puede sobreestimar la resistencia a los 28 días en más del 50% a temperaturas muy altas (80–90°C). También se recomienda utilizar una función de tiempo de resistencia equivalente que incluya el efecto de la resistencia del techo.

Según Socha Moya (2014) en su tesis llamado “EVALUACIÓN DE UN MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR LA ENERGÍA DE ACTIVACIÓN DE UN CEMENTO TIPO CONCRETERO COLOMBIANO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ”

nos dice que:

Al analizar un método de maduración particular, queda claro que la estimación de parámetros que afectan directamente al método, como la energía de activación, introduce incertidumbre.

Razones para el desarrollo de este estudio Se concluyó que se podría reducir la incertidumbre en la cuantificación de la energía de activación de los cementos tipo concreto colombiano. Se utilizan técnicas puramente experimentales siempre que se siga estrictamente el diseño de mezcla predeterminado.

Los principales parámetros que deben considerar quienes utilizan la metodología enfatizan la necesidad de estudiar, conocer y estudiar las variables que modifican esta metodología de pronóstico. Estas variables incluyen el tipo de material, cantidad utilizada, aditivos, proceso de fabricación y procedimientos de cálculo para los que se puede utilizar el método, reduciendo así la incertidumbre. Se utilizaron diversos métodos de preparación de muestras de mortero, variando la relación agua-cemento (A/C) y la proporción de la mezcla. Los resultados de resistencia a la compresión de falla múltiple se obtienen con base en una metodología predeterminada durante los primeros 28 días después del envejecimiento del concreto ensayado en laboratorio.

Se han realizado varios métodos de cálculo para estimar la energía de activación. Además, se registraron datos de cambio de temperatura en cilindros de concreto (muestras obtenidas de producción local) que no alcanzaron resistencia a una edad predeterminada en el laboratorio, y con base en estos resultados se estableció una curva de calibración para cada muestra. Error. Acto de la misma edad. Luego determinamos el perfil de temperatura en la placa fundida y calculamos la resistividad a una edad determinada. El núcleo se extrae para determinar su resistencia mediante métodos mecánicos. Finalmente, se compararon

los resultados obtenidos mediante la metodología utilizada en este proyecto de investigación con los resultados obtenidos de una muestra de este edificio en Bogotá. Esto cumple con el principal objetivo propuesto de reducir la incertidumbre en el método de vencimiento efectivo.

Según Sánchez Villa (2017) en su libro llamado “CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO CON BAJA RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR MÉTODOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS” nos indica que:

Un buen método para evaluar la resistencia a la compresión simple del hormigón hidráulico es un método maduro que resulta útil cuando se desea conocer los valores de resistencia en campo. Se utilizaron tres cambios diferentes en la relación agua-cemento para realizar la evaluación de la resistencia a la compresión utilizando el método de horneado, y las estimaciones fueron similares, oscilando entre -0,9 % y 14,2 % con una relación agua-cemento de 0,46 después de 7 días. Después de 7 días, la relación agua-cemento es de 0,44. El valor de error total es inferior al 10% (excluyendo los errores del 12,4% y 14,2%), que es un buen valor y se considera óptimo para el control de calidad del hormigón hidráulico para pavimentos de carreteras.

La estimación del tiempo de fraguado se realizó para tres cambios en la relación agua-cemento y se obtuvieron diferencias en el tiempo de fraguado inicial de 344, 338 y 357 minutos para relaciones agua-cemento de 0,48, 0,46 y 0,44 cada uno. Cuando la relación agua-cemento fue de 0,48, 0,46 y 0,44, respectivamente, el tiempo de fraguado final fue de 460 minutos, 470 minutos y 519 minutos. Observando los valores de tiempo de fraguado inicial y final se puede observar que cuanto menor es la relación agua-cemento de la mezcla, más se tarda en alcanzar los valores de tiempo de fraguado inicial y final. En este estudio se concluyó que

los resultados presentados en la estimación del tiempo de fraguado fueron adecuados para el uso del concreto hidráulico en la construcción de pavimentos viales.

Se recomienda seguir trabajando en esta línea de investigación sobre métodos de envejecimiento del hormigón que coincidan o compartan propiedades con las del hormigón para pavimentos. Se consideran apropiadas ciertas modificaciones, por ejemplo, un gran número de muestras, diferentes relaciones agua-cemento y: Se utilizan hormigones de alta resistencia y muestras para mejorar sus propiedades. La mezcla de hormigón se expone a diferentes temperaturas de curado para simular la fase de impermeabilización y las condiciones exteriores. Importancia de los métodos de curado en la obtención de resistencia del concreto para $f'c=21\text{mpa}$ utilizando mezclas de cemento tipo I y tipo ICO en Trujillo 2021.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Adrianzen & Zavaleta (2021) en su título llamado “IMPORTANCIA DEL MÉTODO DE MADUREZ EN LA OBTENCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA UN $F'C=21\text{MPA}$, CON UNA MEZCLA DE CEMENTO TIPO I Y TIPO ICO, EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2021”, nos indican:

El estudio actual está destinado a proporcionar la importancia de la resistencia concreta a través de la madurez de Trujillo, que se logra a través de la tecnología de observación experimental mediante la preparación de 40 copias de mezclas de concreto hechas de diferentes tipos de cemento. MS ECO, donde ASTM C39 es un estándar estandarizado para la resistencia a la compresión, y NTP 339.217 se ha utilizado para estimaciones de resistencia a término, que fue utilizado por dos sensores como parte del proyecto. Es un momento que requiere tiempo para obtener la lente de estudio de 21 MPa 21 MPa para cada diseño de cemento de tipo

Microsoft e ICO, curva de ortodoncia y valor de madurez ($^{\circ}$ CXH). Finalmente, se desarrolló una comparación entre el tiempo requerido para obtener la resistencia del concreto de 21 MPa entre los métodos utilizados en los estándares estandarizados. En conclusión, se encontró que utilizar la técnica de la madurez predice los valores de manera más efectiva.

Según Aspilcueta Asencios (2015) en su tesis llamado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTIMADA A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE MADUREZ”, que nos indica:

Este estudio analizó comparativamente la resistencia a la compresión calculada como resultado de la aplicación del método de envejecimiento. El desarrollo de la resistencia a la compresión de un miembro de concreto es una variable clave para saber si el concreto tiene la resistencia suficiente para soportar cargas futuras. Esto generalmente se hace analizando muestras cilíndricas o muestras de control utilizando métodos estandarizados descritos en la Sección.

ASTM e 39 – NTP 339.034, “Métodos de prueba estándar

"Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón de muestras cilíndricas"; proporciona resultados que pueden ser considerados como un indicador de la resistencia a la compresión de elementos de hormigón.

Ahora se sabe que estos resultados no son los mismos que la resistencia encontrada en los elementos. En realidad, se clasifica en dos tipos de resistencia: resistencia potencial y resistencia real. La resistencia potencial viene dada por el modelo de control, la resistencia real es la resistencia encontrada en el elemento. En la práctica de la construcción, se acepta que la resistencia real al coeficiente de resistencia potencial no es inferior al 85%, pero si no se alcanza este valor, se

realizan pruebas adicionales para confirmar esta relación. Por esta razón, en los últimos 20 años se han desarrollado nuevos métodos para evaluar la resistividad del suelo, incluido el método de maduración descrito en ASTM e 1 07 4 - NTP 339.217, "Método de ensayo estándar para evaluar la resistencia del concreto por el método de madurez". ". Este método es una tecnología que predice la resistencia a la compresión del hormigón utilizando los efectos combinados de la temperatura y el tiempo. El método fue desarrollado hace más de 50 años por dos investigadores británicos, Nurse y Saul, y se ha utilizado en varios proyectos en el extranjero.

Una de las características de los resultados obtenidos con este método fue la optimización del tiempo de las operaciones constructivas como destape, colocación, re-riego, etc. Por ello, cabe preguntarse qué métodos de madurez pueden aportar a nuestros proyectos. ¿Son iguales? Al aplicar el método de maduración en laboratorio se encontró una fuerte correlación entre los parámetros de madurez y la resistencia a la compresión, con una desviación estándar estadística de 5,4% y un coeficiente de correlación de 0,977. Para otros métodos como el número de rebote descrito en ASTM e 805 - NTP 339.181, "Método de Ensayo para Determinar el Número de Rebote del Concreto Endurecido"

(Método Harding)" y ASTM e 597 - NTP 339.237, "Método de prueba para la determinación de la velocidad del pulso a través del concreto" no encontraron resultados de velocidad de pulso idénticos. Al implementar el método de recuperación se encontraron resultados muy similares a los obtenidos en proyectos internacionales. El principal beneficio obtenido fue la optimización del tiempo en algunas tareas constructivas.

POR ELLO, EN SU OBRA RUMICHE ORMEÑO (RUMICHE ORMEÑO, 2018) "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE REBOTE DEL

CONCRETO (NORMA ASTM C 1074) PARA EL CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE SOPORTE” NO DICE:

En edificios, puentes, carreteras, etc., es importante conocer la resistencia a la compresión de las estructuras de hormigón en las primeras horas. Este puede ser un paso crítico en el proceso de construcción. Para juzgar los méritos, debes tener claro que el coste del encofrado de tu proyecto puede variar del 20% al 60%, dependiendo del tipo de construcción. Además, el proceso constructivo se adapta al tiempo de acumulación de la estructura de encofrado. Saber cuál es la resistencia a la compresión de una estructura de hormigón colada in situ le permitirá, entre otras cosas, saber exactamente cuándo dismantelar la estructura. Esto tiene un impacto directo en los horarios y costos de trabajo.

La importancia de controlar esta fecha mediante ensayos reales de resistencia a la compresión de estructuras de hormigón colado radica en su utilización técnica para determinar los procesos de encofrado y desencofrado.

La siguiente tesis propone, implementar el método de madurez de acuerdo ASTM C1074–NTP339.217 ayudándonos de equipos electrónicos desarrollados para este fin, evitando todo el proceso engorroso, haciéndolo rápido y fácil.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Bases Teóricas del Concreto

2.2.1.1. Concreto

La dosificación o diseño de mezcla del concreto determina sus características físicas cuando está fresco y endurecido. El objetivo de realizar un diseño de mezcla es producir un concreto de alta calidad, a un costo razonable y que cumpla con todos los requisitos del proyecto. Aunque

esta investigación no profundizará en este tema porque no es su objetivo, abordará los estándares para realizar un buen diseño de mezcla de concreto utilizando el método ACI 211.

2.2.1.2. Dosificación de Mezclas de Concreto

Uno de los requisitos para calcular la madurez del concreto es realizar el procedimiento cuando cambia el peso de los materiales en el diseño de la mezcla. Por lo tanto, se debe concluir que existen muchas variables en la formulación del diseño de la mezcla para establecer una correlación entre los cambios que afectan el resultado final del método de envejecimiento. Por lo tanto, sólo se crean sistemas de diseño de mezclas. (ACI 211, 2002)

2.2.1.3. Curado del concreto

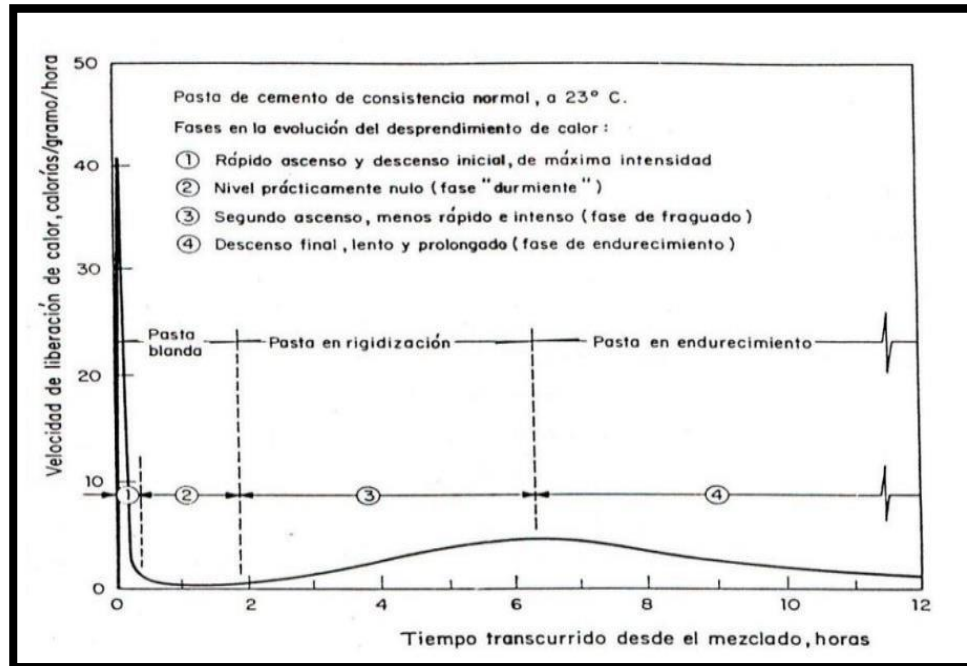
Este proceso se aplica para resolver el concreto, porque el crecimiento del cemento y el agua se mezcla principalmente (sustrato). Este proceso puede tomar. Si no se especifica nada a este respecto, existen medidas comunes para evaluar la estabilidad del concreto. En este sentido, podemos suponer que la hidratación de las pruebas de concreto puede predecir daños completos, pero este proceso está estandarizado en las reglas nacionales de construcción y puede indicarse claramente que no se ha realizado en la estructura vertical o básica concreta. Por ejemplo, placas, columnas, soporte, vigas, techos, etc. asociado con estudios de mezcla (concreto más comúnmente utilizado en la construcción). 1% ~ 100 para concreto, la reacción química necesaria; Después de este estudio, se desarrollaron procedimientos de procesamiento no radiacionales, como estructuras de concreto y concreto, se desarrollaron las principales

estructuras de concreto de las estructuras de concreto, incluso las estructuras de concreto más importantes y los vientos solares. Esta práctica se usa ampliamente y proporciona flexibilidad cuando se aplica a la humedad, por lo tanto, verifique la página real. (ACI 211, 2002)

2.2.1.4. Teoría de generación de calor del concreto

Tenemos las pautas más importantes para crear la relación entre la creación y la resistencia de concreto, y la temperatura circundante está en construcción, que incluye más información e incluso información. Pero en Huangkao, debe mantener la forma del mismo techo durante más de 30 días. La producción de calor de concreto es la ansiedad sobre el tiempo y un aumento de la resistencia durante 100 años, y este es un factor de aguacate y una forma de estudiar este impacto químico en las diferentes pautas para la investigación de los materiales de construcción. Aunque confía, es importante explicar los efectos de las reacciones químicas, pero es importante ver los efectos físicos e incluso en otras situaciones, es importante para las reacciones químicas del agua, el gas de producción de gas, pero debemos serlo. La conclusión de que se centra en los cambios físicos finalmente fomenta el desarrollo de una objeción. (Rumishe Ormeño, 2018, 19-20 b.z.)

Figura 1. Evolución de la temperatura dentro de un ambiente controlado “Manual de tecnología del concreto”



Nota: Se visualiza la temperatura durante un tiempo transcurrido del mezclado del concreto

Concreto en estado fresco.

La concordancia se mezcla principalmente con cemento agregado de agua o piedra y gruesa, de modo que el agua y el cemento se mezclan con o después, son inertes. El cemento en acción garantiza la acumulación de comunicación del agua que actúa como un fortalecimiento de los materiales de piedra. Usando la relación medida de todos los componentes, se puede proporcionar idealmente para centrarse en la propiedad y la consistencia (la tarea del formulario). Los materiales de los materiales pueden ser homogéneos y pueden conducir a la estructura final. Esto puede oponerse a toda tu resistencia. Es necesario seguir las recomendaciones del código ACI 211, que puede explicar la oferta de un excelente rendimiento y una mezcla óptima y acceso a excelentes actuaciones y costos disponibles. Este es un concreto de concreto de la prensa y es una regla de artes de alta calidad (ampliamente utilizadas en pilares delgados) o un muy bajo

cumplimiento (utilizado para estructuras utilizadas en estructuras), ruinas de explicación. Como hemos visto, podemos verlo y formarlo regularmente y podemos formarlo regularmente, y se usa el nuevo estado de concreto (con el sistema de vibración externo), dependiendo del otro lado y el agente interno. : "Tipo de cemento, calidad de molienda, unidad rugosa, temperatura del material"; Y agentes externos: "Humedad relativa del medio ambiente, temperatura del medio ambiente, tipo y otros tipos de otros tipos"; La verdad está en un nuevo estado, pero después del final del fin, comienza el estado de la primera crema. (Rumishe Ormeño, 2018, 20-21 b.z.)

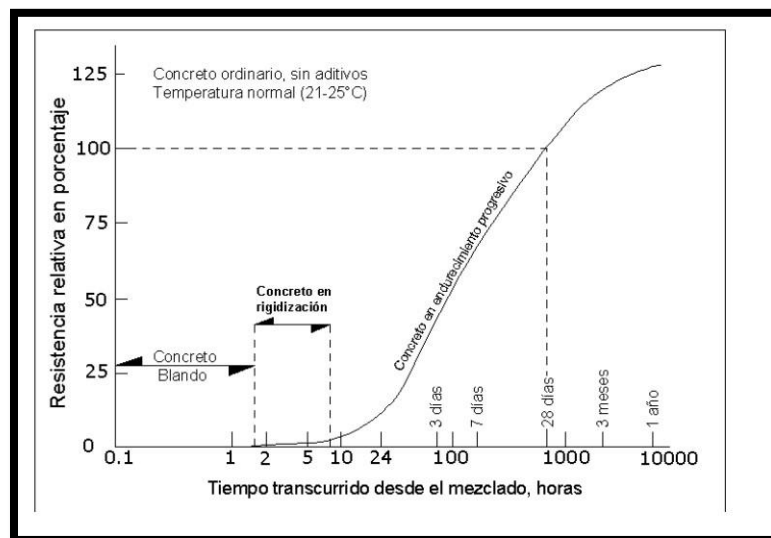
Concreto en estado de fraguado Inicial

El tiempo en que alcanza el fraguado inicial es cuando la resistencia a la penetración llega a 35 kg/cm² y el tiempo de fraguado final alcanza los 280 kg/cm². Es un estado semirrígido y no tiene la capacidad suficiente como para resistir cargas, pero el estado fresco desapareció y cualquier sometimiento a cargas ocasionan deformaciones de tipo permanente que solo se pueden lidiar con mucha fuerza de consolidación, se puede decir que aún guarda propiedades para ser moldeado el concreto pero ahora necesita mayor fuerza de consolidación, la base de la existencia de este estado es por la formación no permanente de un gel que rodea la partícula de cemento que no deja que el cemento siga su proceso de hidratación, entonces el proceso de hidratación se duerme por un periodo corto hasta que esta capa superficial es superada. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 21)

Proceso de endurecimiento

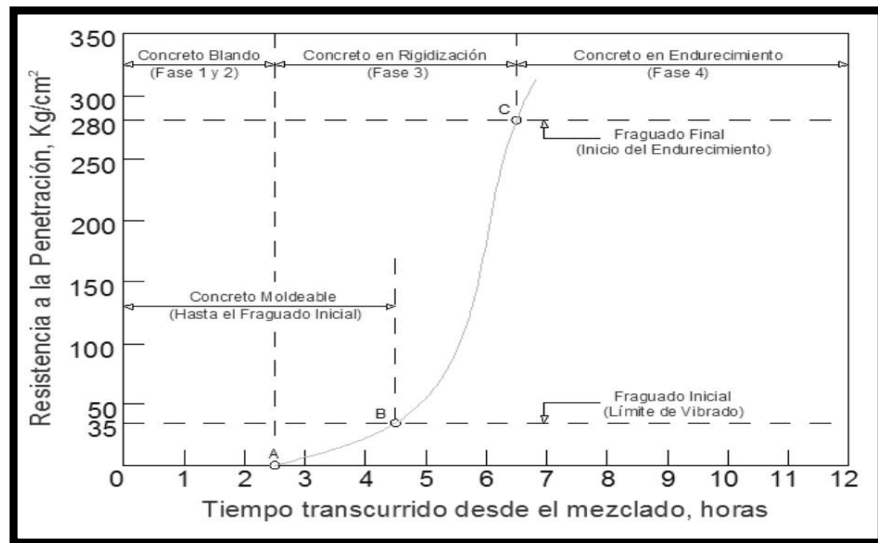
A este proceso se le reconoce con la liberación de calor, es en este momento en donde la capa de protección o gel formada en la superficie de la partícula de cemento se vuelve frágil lo cual provoca una mayor hidratación y a la vez engrosamiento de la superficie del cemento. El grado de rigidización del cemento hidratado llegara a extremos en donde se aglutinarán la pasta de cemento con el agregado fino para formar un material muy consistente que formara mucho calor y dependiendo el estado de aglutinamiento, forma y tamaño del agregado grueso evolucionara el calor, el endurecimiento y la resistencia a compresión del concreto. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 22)

Figura 2. Rigidización y Endurecimiento del Concreto.



Nota: Se aprecia la rigidización y endurecimiento del concreto. Manual de Tecnología del Concreto

Figura 3. Proceso de fraguado del concreto



Nota: Se ve el Proceso de fraguado del concreto. Manual de Tecnología del Concreto

Concreto endurecido

En la etapa final del proceso del concreto, se encuentra en un punto crítico donde cualquier carga superior a su resistencia provocará de forma inevitable daños como fisuras y deformaciones permanentes. Contrariamente, cargas inferiores a su capacidad de resistencia resultarán en una respuesta elástica del material, con deformaciones mínimas. Por ello, en la construcción se emplea acero corrugado como refuerzo, dando lugar al concreto armado o reforzado, que es esencial en las estructuras de concreto. Esta etapa tiene una duración considerable y puede pausarse o reanudarse bajo ciertas condiciones tanto externas como internas. El proceso de endurecimiento puede detenerse definitivamente, avanzando hacia la degradación, a menudo debido a reacciones químicas internas tardías, como la reacción álcali-agregado, aunque estas son raras. Generalmente, el endurecimiento continúa por un periodo extendido, pero se acepta convencionalmente que a los 28 días el concreto alcanza su capacidad potencial de resistencia, criterio bajo el cual se diseña en muchos

lugares. Sin embargo, este no es el caso de Brasil, donde algunos proyectos han modificado su periodo de evaluación de resistencia de los 28 días habituales a 45, 60 días o más, debido a que sus cementos a menudo incluyen aditivos como puzolanas o escorias de alto horno, que se caracterizan por un proceso de endurecimiento más lento y generan menos calor de hidratación.

2.2.1.5. Ensayos al Concreto Fresco

Las propiedades físicas del concreto se pueden ver a través de pruebas estándares realizadas en estado fresco y endurecido. En esta ocasión, hablaremos de los ensayos estándares realizados en estado fresco:

Temperatura

“Es la característica del concreto más importante para el método de madurez, su medición está establecida en la Norma Técnica Peruana 339.184 y su implementación en los ensayos previstos para el cálculo de la Madurez del concreto es obligatorio”. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 24)

Figura 4. Termómetro digital



Nota: En la imagen se ve un termómetro digital cuya función ser medir la temperatura del concreto.

Revenimiento (slump)

El propósito de la prueba de revenimiento es determinar la verificación de la uniformidad del concreto se realiza solo con esta finalidad, sin embargo, también en los últimos años se ha usado como un medidor reológico, pero con un amplio sesgo de error, aun así, es válido su resultado a nivel reológico. La Norma Técnica Peruana que establece su correcto uso es el “Método de ensayo para la medición del 25 asentamiento del concreto de Cemento Portland” (NTP 339.035,2015). Nosotros lo usaremos como un medidor encaso se necesite elaborar más de una tanda o bach de concreto en diferentes días. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 24)

Tiempo de fraguado del Concreto

Esta característica es la más aproximada a la evaluación de la resistencia del concreto en las primeras 24 horas después de haberse consumado el mezclado del diseño de mezcla del concreto, sin embargo solo es un aproximado pues en la realización del ensayo no interviene el agregado grueso del concreto y la resistencia es a ser penetrado por agujas con diferente área en la punta que se utiliza para penetrar la muestra; las unidades del resultado del ensayo es en $\text{kg/cm}^2 \times \text{tiempo}$ (horas : minutos), y la Norma Técnica Peruana que define el procedimiento del ensayo es (NTP 339.082).

(Rumiche Ormeño, 2018, pág. 25)

Resistencia del concreto

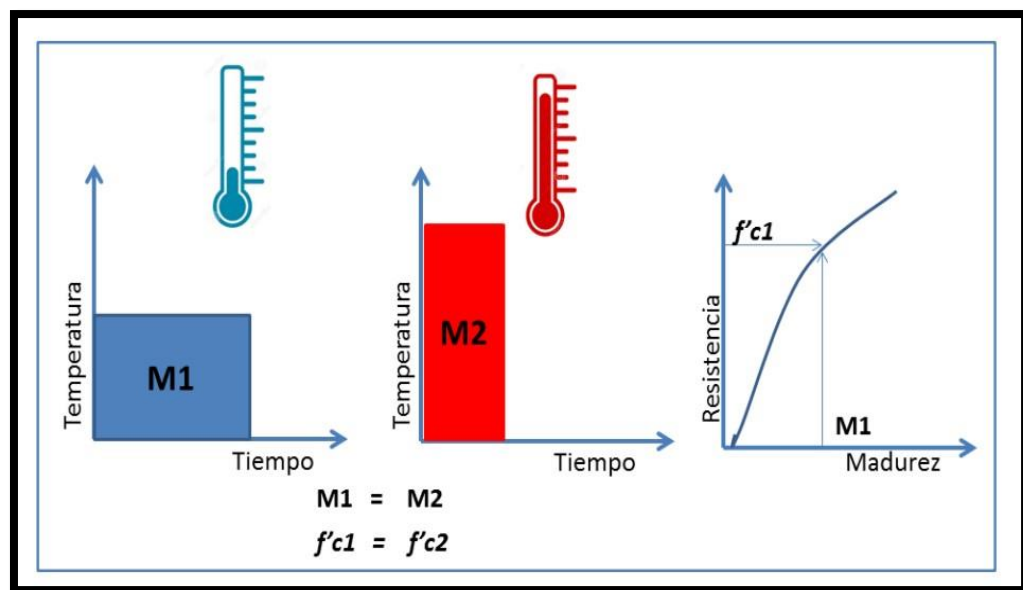
Es preciso recordar que la resistencia, al menos en los primeros 28 días, tiene variabilidad ascendente, a esto le llamamos evolución de la resistencia o madurez, esto se debe a que se incrementan el desarrollo de

elementos químicos endurecidos (dentro del concreto) producto de la unión del cemento y agua (hidratación), esto solo para resumir objetivamente el proceso. La medición de esta característica viene a ser de forma convencional el resultado de un ensayo que propone aplicar una fuerza controlada a un área convenientemente proporcional a la altura del elemento a ensayar, y por convención de estandarización, de forma cilíndrica (Norma Americana), esta fuerza controlada se incrementa con velocidad constante y convenientemente estandarizada, hasta que el testigo o elemento ensayado se vea afectado por un colapso en su forma (formación de fisuras descontroladas) y la fuerza de reacción se vea disminuida, en este punto se debe captar la máxima fuerza aplicada y se debe dividir entre el área aplicada del elemento. De acuerdo a lo expuesto podemos deducir que en el proceso constructivo de una estructura de concreto es muy importante saber en qué tiempo la estructura tendrá la resistencia solicitada, además saber su evolución de la misma, para programar actividades constructivas que estén relacionadas con la misma, por ejemplo, desencofrar la estructura, o construir una estructura encima de la misma, de seguro este pensamiento ha sido la motivación para poder definir el método de madurez del concreto. Para detallar con mayor detenimiento el tipo de características físicas estándares del ensayo de una muestra de concreto debemos recurrir a la lectura a la Norma Técnica Peruana NTP 339.031, y para realizar el muestreo de concreto en estado fresco y poder formar un testigo que sea representativo debemos de acudir a la Norma Técnica Peruana 339.036, los detalles de estandarización deben de cumplirse con la finalidad que la variabilidad y evolución del concreto no se vea afectada por inclusión de procedimientos no estandarizados. (Rumiche Ormeño, 2018, págs. 25-26)

2.2.2. Método de Madurez del Concreto

La madurez o evolución significa la ganancia de una propiedad, esto puede ser la ganancia de resistencia de un material, en este caso la madurez del concreto equivale a decir la evolución o incremento en el tiempo de la resistencia del concreto; la forma de medir esta evolución es relacionándola con algún efecto físico del material, y es aquí donde interviene la temperatura. Luego de los estudios hechos por Nurse y Saúl se ha determinado que la acumulación de la temperatura en el tiempo está directamente relacionada a la resistencia, esta es la base del método de madurez del concreto. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 34)

Figura 5. Evaluación de la Madurez del concreto bajo dos distintas temperaturas de concreto



Nota: En la imagen se ve al concreto expuesto a dos distintas temperaturas.

2.2.2.1. Reseña histórica del método de madurez

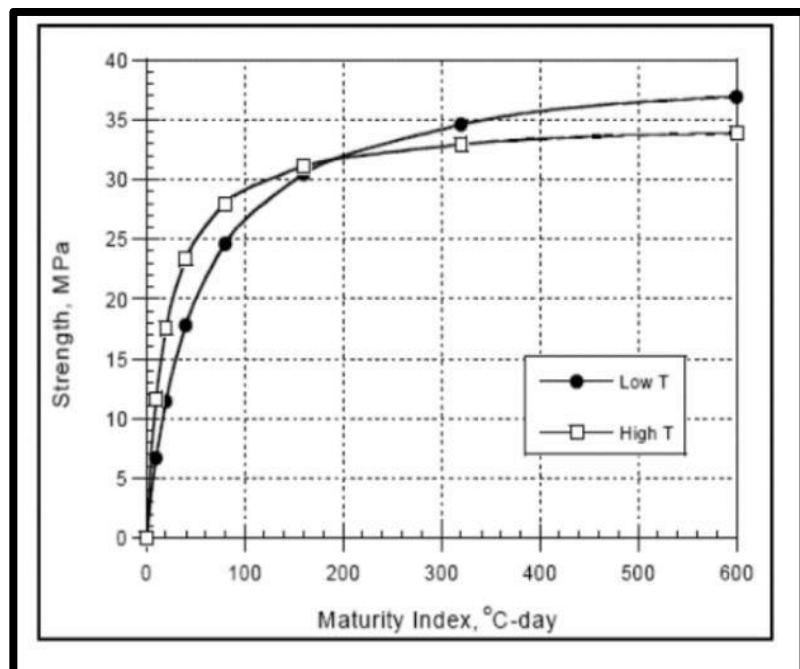
Es importante señalar que en 1940, tras una serie de incidentes ocurridos durante la construcción de edificios en el Reino Unido, la Oficina Nacional de Estándares (NBS, por sus siglas en inglés) comenzó a investigar para identificar las causas de estos sucesos. Se encontró que la

mayoría de estos accidentes estaban vinculados a comportamientos inusuales del concreto en las primeras etapas de su vaciado, especialmente bajo condiciones de temperatura significativamente más bajas que la media habitual. La NBS estableció que existía una conexión directa entre la temperatura a la que se encontraba el concreto y su desarrollo de resistencia. Esta información y el inicio de las investigaciones sobre el método de madurez del concreto se documentan exhaustivamente en el "Handbook on Nondestructive Testing of Concrete", donde se describe detalladamente cómo se emprendieron los estudios sobre este método.

Non destructive Testing of Concrete". (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 34)

Se le conoce como efecto – crossoverll y se aprecia en la siguiente figura:

Figura 6. Efecto crossover en dos mezclas de concreto a diferentes temperaturas

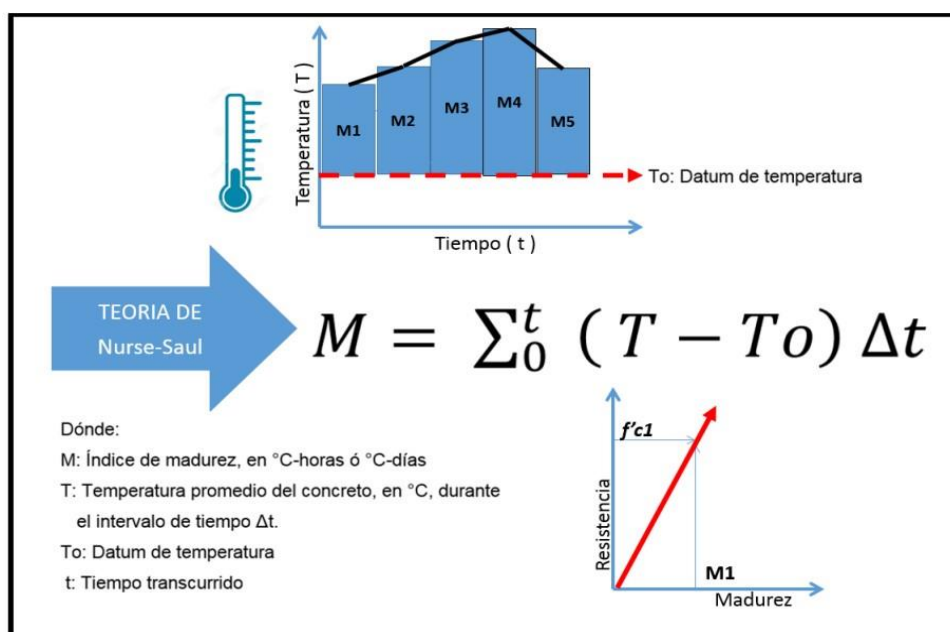


Nota: Se aprecia el efecto crossover. National Institute of Standards and Technology.

2.2.2.2. Teoría de Nurse – Saúl – ASTM C 1074

Las primeras investigaciones que se llevan a cabo son a partir de la década de los 40 en el siglo pasado, y no es precisamente que se comienza a estudiar el tema como la madurez del concreto, sino como un estudio de resistencia acelerada usando incorporación de calor externo al concreto; a partir de este concepto se llega a conclusiones muy sólidas que luego va constituir la base de la interpretación de la evolución de la resistencia del concreto (Madurez). La teoría de Nurse-Saúl se basa en la siguiente formula. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 35)

Figura 7. Ecuación Nurse Saúl



Nota: Se aprecia la ecuación de Nurse Saúl. National Institute of Standards and Technology.

La resistencia del concreto se puede estimar con gran precisión mediante una correlación lineal entre la madurez acumulada (resultado de sumar los productos de la temperatura por el tiempo) y la resistencia del concreto. Esta relación se mantiene constante, siempre y cuando la proporción de los materiales utilizados en la mezcla no varíe. La

"temperatura Datum" es el punto en el cual cesa el aumento de resistencia del concreto, es decir, a temperaturas inferiores a esta, el concreto no desarrolla más resistencia. La norma ASTM C 1074 indica que, basándose en investigaciones, se recomienda considerar esta temperatura en 0°C, aunque permite ajustes en casos de condiciones excepcionales no previstas en la normativa. Esta metodología es ampliamente utilizada en todo el mundo, aunque a finales de los años 70 se introdujo una nueva propuesta que también ha sido bien recibida.

2.2.2.3. Teoría de Arrhenius

En los 70 del siglo pasado se comenzó a realizar una práctica en base a una investigación de madurez del concreto que inicio Arrhenius, (Brown y LeMay, 1988), una ecuación que detalla no índice de madurez sino una edad equivalente y recogía una característica importante de uno de los materiales y dejaba de ser una formula empírica, la característica es el grado de activación del cemento, puesto que hay varios tipos de cemento y normalización hasta ahora es difícil de unificarla a nivel global, pues sus rangos de compuestos químicos son muy holgados. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 36)

Por otro lado, Arrhenius sugiere una fórmula única y curva, reflejando la naturaleza curvilínea del desarrollo de la resistencia del concreto, intentando así capturar el punto de inflexión que marca el inicio de la tercera fase del concreto, o el fraguado inicial y final. Según la norma ASTM C 1074, ambas fórmulas son valiosas y aplicables, aunque no necesariamente proporcionen los mismos resultados. Lo importante es que

se encuentren dentro de un margen de aceptación, lo que permite que ambas teorías sean consideradas viables. (Rumiche Ormeño, 2018, pág. 37)

2.2.3. Función de Madurez – Factor de Tiempo Temperatura

La función de madurez, se refiere a la expresión matemática que relaciona el historial de temperatura de una mezcla de concreto en un periodo de tiempo determinado para calcular un índice de madurez del concreto. Para la función de madurez de Nurse – Saul (NS), se tiene en cuenta una temperatura de referencia T_0 por debajo de la cual el fraguado es poco probable. (Lachemi, Hossain, Anagnostopoulos, & Sabouni, 2007)

La función de madurez de Nurse – Saul (NS) está dada por la siguiente expresión:

$$M(t) = \sum (T_a - T_o)\Delta_t \quad (1)$$

Donde:

$M(t)$: Factor de tiempo-temperatura a la edad t ($^{\circ}\text{C h}$)

T_a : Media de la temperatura durante el intervalo Δt ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 : Temperatura de referencia ($^{\circ}\text{C}$)

Saul (1951) propuso una temperatura de referencia de -10.5°C . Este valor ha sido usado por décadas como el valor de temperatura al cual el cemento deja de hidratarse, sin embargo, la ASTM C1074-11 recomienda que la temperatura de referencia sea determinada experimentalmente o sea tomada como 0°C para cementos Tipo I, cuya temperatura de curado este entre 0°C y 40°C .

2.2.4. Función de madurez – edad equivalente

McIntosh (1956) concluyó que la ecuación (1) no estima con precisión el efecto de la temperatura en el desarrollo de la resistencia del concreto, debido a que la ganancia de resistencia no es una función lineal de la temperatura de curado.

Rastrup (1954) introduce la edad equivalente como un método alternativo de aproximación. La edad equivalente se refiere al tiempo en el que un concreto debe ser curado a una temperatura constante T_r (temperatura de referencia) para tener la misma madurez que un concreto curado en condiciones no controladas (Lachemi, Hossain, Anagnostopoulos, & Sabouni, 2007).

La ecuación propuesta por Rastrup es:

$$t_R = \sum \left(2^{\frac{T-T_r}{10}} \right) * \Delta_t \quad (2)$$

Donde:

t_R : Edad equivalente a la temperatura de referencia (h)

T_r : Temperatura de referencia (°C)

Δt : Intervalo de tiempo (h)

2.2.5. Relación entre Índice de Madurez y Resistencia

A lo largo de las últimas décadas el método de madurez se ha utilizado de forma exitosa para estimar la resistencia del concreto. En la norma ASTM C 1074-11 se describe el procedimiento para relacionar el índice de madurez con la resistencia a la compresión de la siguiente forma. Se deben fabricar 15 cilindros de concreto con proporciones iguales a las del concreto en estudio y curarlos en una temperatura controlada. Se debe introducir un sensor de temperatura en el centro de al menos dos especímenes y medir la evolución de temperaturas, los cilindros restantes se deben fallar a compresión a 1, 3, 7, 14 y 28 días, para cada una de estas edades se debe registrar la temperatura. (López Garzón & Castro Garido, 2013).

Con base en los datos recolectados, se evalúa el índice de madurez utilizando la ecuación 1 o 3. Como se muestra en la Figura 9 para el factor tiempo-

temperatura y en la Figura 10 para la edad equivalente, se construye una gráfica de resistencia contra el índice de madurez.

$$S = S_u \frac{k(t-t_0)}{1+k(t-t_0)} \quad (3)$$

Donde:

S: Resistencia a la edad t, MPa

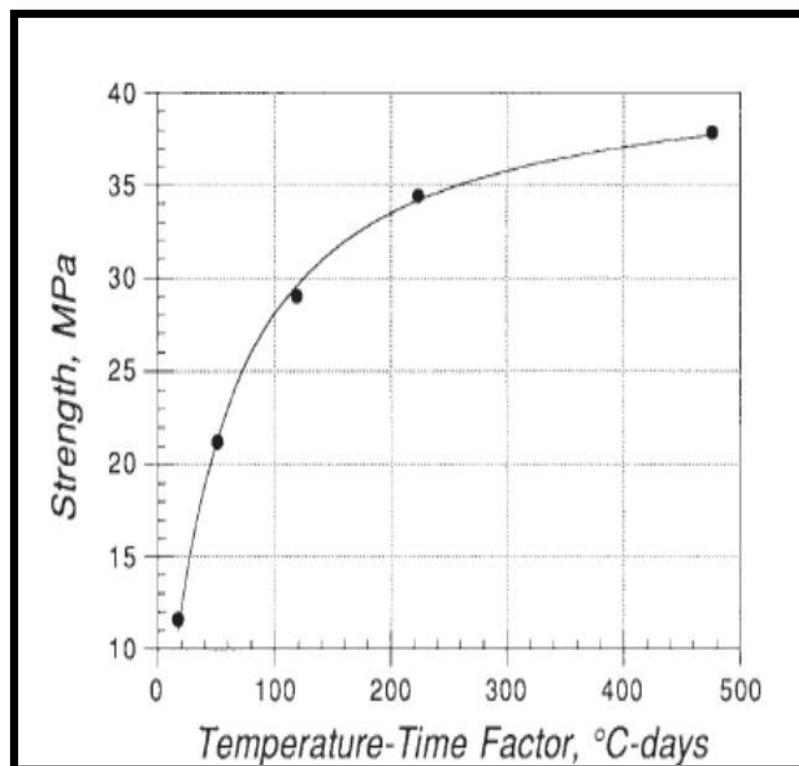
Su: Resistencia limite, MPa

K: Constante de velocidad, 1/día

t: Edad de la prueba, día

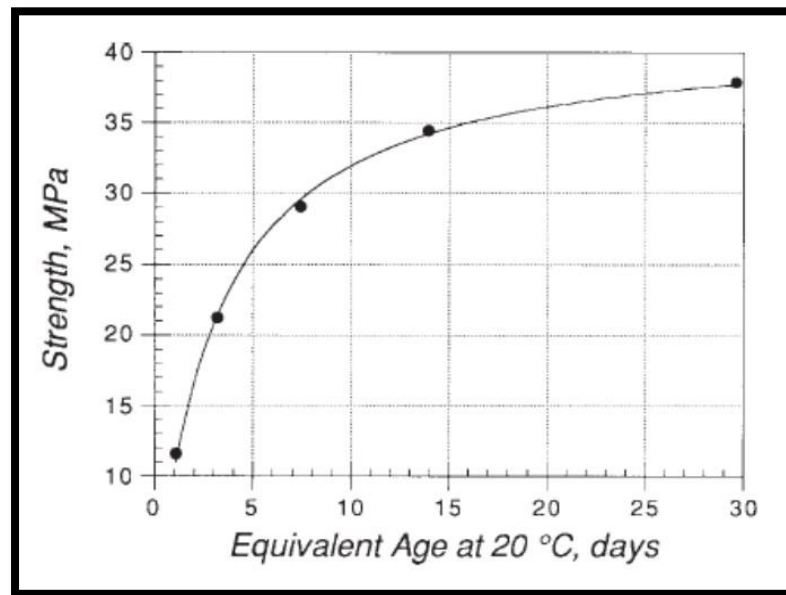
t₀: Edad al inicio del desarrollo de la fuerza, día

Figura 8. Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Factor Tiempo – Temperatura



Nota: ASTM C 1074-11

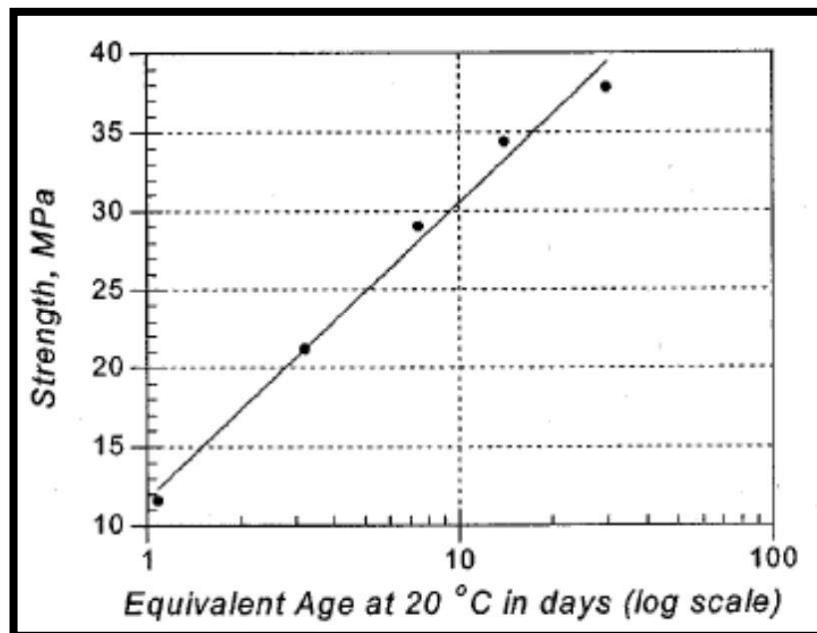
Figura 9. Relación entre la Resistencia a la Compresión y la Edad Equivalente



Nota: ASTM C 1074 -11

La curva resultante se utilizará para estimar la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto curado bajo otras condiciones. Los valores del logaritmo en base diez de la edad equivalen vs la resistencia a la compresión se grafican para hallar la línea de mejor ajuste, como se muestra en la Figura

Figura 10. Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Logaritmo base diez de la Edad Equivalente



Nota: ASTM C 1074

2.3. Definición de términos básicos

Estos términos básicos su definición proporcionan un resumen de los términos técnicos que se utilizarán en el proyecto de esta investigación, lo que nos ayudará a comprender todos los términos.

Agregados: Los áridos o llamados agregados, estos materiales, se mezclan con los aglomerantes, cal, cemento, y también agregando agua, esta mezcla forma el mortero y el concreto. (Abanto, 2009, pág. 26).

Calor de Hidratación: Es producido por reacciones químicas con el insumo del agua, estas se pueden evidenciar en el fraguado y posteriormente en el proceso de endurecimiento del concreto utilizando el cemento. (Flores & Gonzales, 2010, pág. 73).

Cemento: El cemento es un conglomerante que, al mezclarse con los agregados finos, gruesos, grava o arena y agua, podemos obtener una masa uniforme, plástica y trabajable que pasa por procesos de fragua y posteriormente el endurecimiento a la reacción con el agua, la cual obtiene una consistencia pétreo que llamamos hormigón o concreto. El uso del concreto en la construcción está generalizado por su función que cumple en la industria. (Flores & Gonzales, 2010, pág. 12).

El Concreto: Es la mezcla de agregado (fino y grueso), agua y cemento la cual tiene reacciones químicas del agua con los demás componentes que hace que se endurezca. La resistencia de la fuerza a compresión requerida en planos, se dará por la cantidad de sus materiales, todo esto estará basado a un diseño de mezcla de concreto. (Bedoya, 2018, pág. 15).

Concreto Fresco: Es el estado del concreto inicial, también llamado estado fluido del concreto, esta etapa va desde el instante del mezclado del concreto hasta el

endurecimiento inicial de la mezcla que pasa por el fraguado. (Flores & Gonzales, 2010, pág. 74).

Curado: Entendemos por curado de la mezcla de concreto a la acción de mantener a edades tempranas el contenido de humedad y la temperatura, con el fin de que la mezcla de concreto desarrolle sus propiedades diseñadas en para la mezcla, el curado de este, es muy importante posterior a la fase del fraguado. (Loya, 2018, pág. 64).

Diseño de Mezcla: El diseño de mezcla se obtiene al dosificar el concreto y su mezcla con el fin de obtener la combinación idónea y económica con los agregados que se tiene, el cemento necesario y la adición del agua en la mezcla, si es necesario con aditivos, con la finalidad de obtener un concreto con la manejabilidad requerido y que al llegar al proceso de endurecimiento adquiera la resistencia y durabilidad que se necesita para los fines que se le dé en la construcción. (Cruz, 2017, pág. 65).

Edad del Concreto: Es el tiempo que lleva el concreto desde el vaciado de la estructura, lo cual va adquiriendo cierta resistencia según pasan los días hasta llegar a su resistencia máxima. (Bedoya, 2018, pág. 20)

Resistencia: La resistencia, es el término usado para determinar la habilidad de resistir las deformaciones o rotura ocasionada por las fuerzas aplicadas externas (fatiga, tensión, corte o resistencia a compresión). (Flores & Gonzales, 2010, pág. 75) .

Tiempo de Fraguado: El tiempo de fraguado es el lapso entre el proceso de mezclado de los componentes, (agregados, cemento, agua) y la solidificación de la mezcla, esta acción es expresada en minutos. Normalmente esta denominación se configura como: tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final. (Cruz, 2017, pág. 40).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Utilizando el método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Utilizando el método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.
- Utilizando método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente en los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.
- Utilizando método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

La variable independiente es “X” Método de Madurez, debido a que puede variar los parámetros de diseño, considerado como características del concreto, con las siguientes dimensiones

- Calor de hidratación.
- Resistencia a la compresión.
- Fragua inicial.

- Comportamiento de probabilidades físicas del concreto fresco.
- Temperatura inicial del concreto.

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es “Y” considerado como las mejoras en las características del concreto, resistencia a la compresión del concreto con las siguientes dimensiones:

- Comportamiento mecánico y físico.
- Tiempo de fraguado y resistencia a edades tempranas de concreto.
- Temperatura inicial del concreto.

2.5.3. Variable Interviniente

Las variables intervinientes son:

- Ingeniero Civil
- Técnico Laboratorista.
- Tesista.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. *Operacional de Variables e Indicadores*

Variables	Definición Operacional	Indicadores
	<p>Método de madurez</p>	<p>Estimar el desarrollo de las propiedades del concreto, relacionándolas con la temperatura histórica durante el proceso de curado, con las funciones de la madurez de tiempo y temperatura.</p>
<p>Resistencia a la comprensión</p>		<p>Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).</p> <p>Es el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'c</p>
	<p>Fragua inicial</p>	<p>La primera fase de endurecimiento del hormigón es la que se conoce como endurecimiento inicial, es decir que ha empezado a fraguar, pero a nivel superficial, pierde elasticidad. Este endurecimiento inicial dependiendo de la humedad, temperatura, viento, etc. puede estar en torno a las 10 horas</p>

1. Especificaciones técnicas.
2. Diseño de mezcla.
3. Norma ACI
4. ASTM C 1074
5. ASTM C 803
6. ASTM C 900
7. Función Arrhenius.
8. Función Nurse-Saul
9. Norma E-060

1. Especificaciones técnicas.
2. Diseño de mezcla.
3. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado.
4. Norma ACI
5. NTP 339.034
6. Norma E-060
7. ASTM C 403

1. Especificaciones técnicas.
2. Diseño de mezcla.
3. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado.
4. Norma ACI
5. NTP 339.034
6. Norma E-060

Se determinará un diseño de mezcla óptimo, que busca mejorar las propiedades y características como resistencia, trabajabilidad, **Comportamiento de** esto nos ayudará a determinar el comportamiento ante los climas **probabilidades físicas del concreto fresco.** extremos.

Las especificaciones típicas requieren que la temperatura del hormigón durante la colocación esté dentro de un rango de 10 °

Temperatura inicial C a 32 ° C. Sin embargo, se proporcionan diferentes límites especificados según el tamaño del elemento y las condiciones ambientales (ACI 301, 207).

1. Valor del porcentaje de resistencia y trabajabilidad del concreto.
2. Especificaciones técnicas.
3. Diseño de mezcla.
4. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado.
5. Norma ACI
6. NTP 339.034 7. Norma E-060
1. Termómetro ambiental.
2. Termómetro común
3. Especificaciones técnicas.
4. Diseño de mezcla.
5. Valor de la resistencia a la compresión con unidad de kilogramo por cada centímetro cuadrado.
6. Norma ACI
7. NTP 339.034
8. Norma E-060

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Oседа (2008) "El tipo de estudio de la presente investigación es **APLICADA**, porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar"

El caso de la investigación se enfoca a verificar que tan confiable es el método de madurez, y estimar de manera inicial la resistencia a la compresión, para poder realizar partidas posteriores a la colocación del concreto.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de esta tesis es de manera **EXPLICATIVA**, con lo que se trata de describir los conceptos que están relacionados y diríamos que están enfocados en descubrir las razones detrás de los eventos y fenómenos que se encuentran. (Hernández, 2010)

3.3. Métodos de investigación

Este proyecto de investigación se realizará con dos métodos de investigación, método de investigación **CUANTITATIVA**.

Es científico, por seguir procedimientos ordenados buscando la solución al problema, y generando nuevos conocimientos; basado en la observación, análisis de pruebas de laboratorio, toma de datos, y síntesis del comportamiento de la fragua en relación temperatura y resistencia en cumplimiento estricto a las normas del ASTM C 1047, ASTM C 803, ASTM C 900, ACI, NTP 339.034, Norma E 060 y RNE.

3.4. Diseño de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, analítico, experimental, tipo casos y controles.



DONDE:

- Ge A: grupo de experimental
- Gc A: grupo de control
- O1: Observación pre-experimentación
- X: Tratamiento
- O2: Observación post experimentación

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

- Probetas.
- Ubicación ciudades con bajas temperaturas.

Carrasco (2006) “es el conjunto de todos los elementos que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación”.

3.5.2. Muestra

Se obtuvo utilizando la técnica de muestreo probabilístico llamada muestreo aleatorio, de los distintos tipos de probetas.

Tamaño de muestra de $n=19$

- G1: 13 probetas cuadradas con Cemento Portland
- G2: 6 probetas cilíndricas con Cemento Portland.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

Procedimiento que permite obtener información sobre el tema a investigar, se realizará mediante la observación experimental, se recogerá los datos a través de ensayos en el laboratorio de concreto, a través de fichas de datos el cual será el instrumento a usar

3.6.1. Instrumentos de recolección de datos:

Es la aplicación de una determinada técnica de recolección de información, los instrumentos para la recolección de datos obtenidos a través de ensayos realizados en el laboratorio, a través de fichas de datos que pertenecen a la técnica de observación que ayudan a poder interpretar y analizar, para obtener datos exactos y tener un control adecuado.

Esta técnica de observación, se realizó la conducta de observación directa y la indirecta, para una mejor comprensión se usarán tablas, como referencia para estructurar la técnica, instrumento y herramienta.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

El asesor encargado ha validado los instrumentos de investigación, verificando que la hoja de ficha de datos cumpla con los requisitos necesarios para

que los valores recopilados se expresen de manera precisa y correctas. Se realizó una rúbrica o ficha de observación para verificar si los valores son correctos, y luego firmo el asesor el documento de validación de datos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.8.1. De los resultados y su corrección:

“La técnica que se uso es la recolección de datos será la de observación. Que nos permite reunir información a base de hechos desde el principio, que es cuando tenemos los materiales sin manipular, hasta el término de nuestro proyecto de investigación”. (ACI, 2018)

3.8.2. Evaluación de resultados:

Se elaborará en base a las Normas Técnicas Peruanas, que tienen la validación por parte del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Se establece formatos que establecen las especificaciones o requisitos de calidad para la estandarización de los productos, procesos y servicios. Las normas que se realizaron son:

- NTP 339.033 (Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo).
- Protocolos para prueba de método de madurez del concreto (NTP 339- 2016).
- Protocolos de diseño de mezcla para la elaboración de las muestras de probetas.
- Protocolos para pruebas de compresión en las probetas cilíndricas con la prensa de rotura de probetas (ASTM C39). “Método estándar de prueba de resistencia a compresión de probetas cilíndricas de concreto.”
- NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas)

- NTP 339.035 (Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland)

- NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global)

“Según el Reglamento del ACI, el concreto del área representada por las pruebas de corazones, se estima estructuralmente idónea si el promedio de los 3 corazones es al menos igual al 85% de la resistencia especificada ($f'c$) y ningún corazón tiene una resistencia menor del 75% de la resistencia especificada ($f'c$). Con el objeto de verificar la exactitud de las pruebas, tienen la posibilidad de volver a probar regiones representativas de resistencias erráticas de los corazones” (ACI, 2018)

3.8.3. Método de Análisis de datos:

Esta investigación se basa en comparar y determinar la resistencia final del concreto que se elaborará y se comparará en la forma de obtención de la resistencia a compresión del concreto y que, además de que presentará el factor del calor de hidratación, para su proceso elaboración y curado.

Cabe resaltar que para la fase experimental de este proyecto se fabricarán 19 probetas de concreto, las cuales serán distribuidas de la siguiente manera:

- 13 probetas para toma de temperatura y pruebas con el penetrómetro manual
- 6 probetas resistencia a la compresión

De esta forma se podrán obtener diferentes resultados del mismo diseño de mezcla tomando en cuenta que para la elaboración de las probetas nos regiremos a la NTP 339.033. Por otro lado, también nos regiremos a la NTP 400.012 para el ensayo granulométrico de los agregados. Del mismo modo para el ensayo a compresión la NTP 339.034 y para la medición de asentamiento del concreto la NTP 339.035.

3.9. Tratamiento estadístico

En el aspecto estadístico, se recolectará y analizará un conjunto de datos para describir adecuadamente sus particularidades. Centrándonos en nuestra variable de interés, la resistencia del concreto, se emplearán tablas de frecuencia y gráficos estadísticos, específicamente gráficos de dispersión con líneas de tendencia suavizadas. Este enfoque nos permitirá identificar las propiedades clave de los datos en función de los distintos aspectos de la investigación. Utilizaremos gráficos de dispersión para visualizar los valores en relación con ciertos parámetros establecidos. Además, se elaborarán hojas de registro para compilar los datos recogidos por sensores instalados previamente en las muestras de los dos tipos de mezcla de concreto. Posteriormente, se transferirán los datos de los sensores a hojas de cálculo de Excel para calcular la madurez del concreto y analizar otros datos relacionados con la resistencia del mismo. Estas hojas de Excel incorporarán fórmulas y gráficos que facilitarán el seguimiento y control de los resultados obtenidos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

No hubo necesidad de brindar protección a terceras partes involucradas en la investigación porque el presente trabajo de investigación fue realizado exclusivamente por el autor. El investigador evitó el plagio de textos y la falsificación de datos. Con las fuentes establecidas de esta investigación se dieron de acuerdo a la norma y las cuales se citaron.

La investigación no causó daño alguno a la naturaleza y a la biodiversidad. Personas que no participaron en el trabajo no fueron incluidas en la investigación. El investigador aplicó rigor científico para garantizar la validez, factibilidad y credibilidad de sus datos obtenidos. En todas las etapas de la investigación, se

garantiza el total apego a la veracidad. El investigador será el original responsable de los hallazgos de la investigación y los difundirá en un entorno ético.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para la actual investigación se realizaron diferentes medidas para alcanzar los objetivos planteados. Los resultados deberán de describir, analizar y profundizar en este capítulo. En primera sección se incluye las medidas llevadas a cabo para determinar las propiedades mecánicas del concreto. Aquí, las probetas se llevaron a las pruebas de compresión. En segunda sección, la resistencia se evaluará en probetas cuadradas. Para hacerlo, se utilizarán equipos de evaluación de resistencias iniciales no destructivas. Debido a que solo se evaluará el índice de madurez durante las primeras horas y, por lo tanto, el concreto sigue en estado inicial, será necesario utilizar un penetrómetro digital para estimar la resistencia del concreto mientras se fragua. Por lo tanto, usaremos los siguientes equipos:

- ***Penetrómetro de bolsillo:*** Este equipo mide la resistencia que opone el suelo al paso de una punta cónica con área de la base y ángulo de punta estandarizada. Este dispositivo es el único que puede otorgar datos exactos de la resistencia aproximada del concreto en sus etapas iniciales.

- **Termómetro Digital:** Estos dispositivos determinan la temperatura del concreto. El termómetro digital se encuentra en la zona expuesta a la punta del instrumento. La temperatura del concreto se registró en lapsos de treinta minutos en un entorno cerrado que mantuvo una temperatura ambiente.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla según método del comité 211 del ACI donde se calculará:

- La granulometría del agregado.
- El contenido de humedad.
- Peso unitario suelto y compactado
- Peso específico y absorción

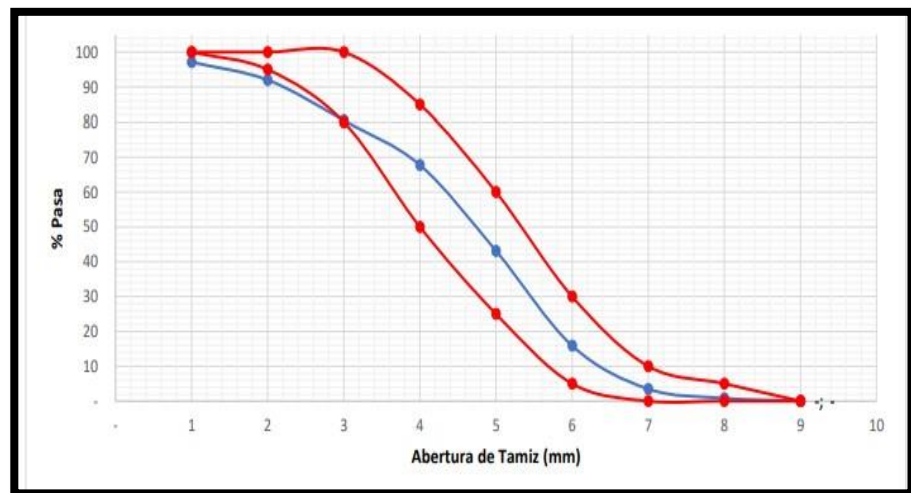
Así de esta manera poner obtener el diseño de mezclas adecuado para la presente investigación. A continuación, veremos los resultados de granulometría que se hicieron a los agregados.

Tabla 2. Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulada	% Que Pasa
3/8"	9.5	14.2	2.87	2.87	97.13
N°4	4.75	25.4	5.13	8	92
N°8	2.36	57.12	11.54	19.55	80.45
N°16	1.18	62.88	12.71	32.25	67.75
N°30	0.6	121.91	24.64	56.89	43.11
N°50	0.3	134.7	27.22	84.12	15.88
N°100	0.15	61.4	12.41	96.52	3.48
N°200	0.075	13.1	2.65	99.17	0.83
FONDO	-	4.10	0.83	100	-

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Figura 11. Curva Granulométrica de Agregado Fino



Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

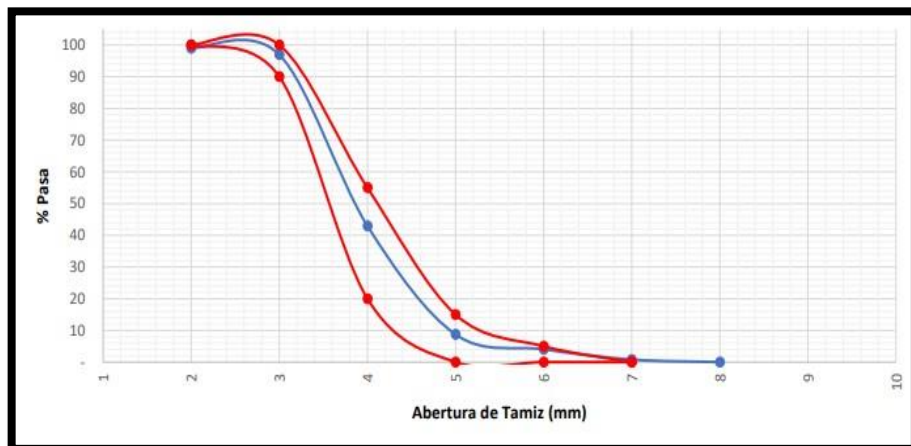
De esta forma también se hicieron los ensayos para el agregado grueso.

Tabla 3. Análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulada	% Que Pasa
1 1/2"	37.5				
1"	25.0	5.12	1	1	99
3/4"	19.0	10.22	2	3.1	96.9
1/2"	12.5	269.9	54	57	43
3/8"	9.5	171.1	34.2	91.3	8.7
N°4	4.75	23.5	4.7	96	4
N°8	2.36	16.1	3.2	99.2	0.8
N°16	1.18	4.1	0.8	100	-
FONDO	-	-	-	100	-

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Figura 12. Curva Granulométrica de Agregado Grueso



Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

De esta forma también se llegó a calcular el contenido de humedad de los agregados.

Tabla 4. Contenido de humedad del agregado fino

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	432.12	432.12	432.12	432.12
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	926.4	924.7	929.1	926.73
Peso del recipiente + muestra seca	gr	905.2	901.7	904	903.63
Peso muestra húmeda	gr	494.28	492.58	496.98	494.61
Peso muestra seca	gr	473.08	469.58	471.88	471.51
Peso de agua	gr	21.2	23	25.1	23.1
Contenido de humedad	%	4.48%	4.90%	5.32%	4.90%

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Tabla 5. Contenido de humedad del agregado grueso

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	512.11	512.11	512.11	512.11
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	2,939.12	2,941.15	2,938.71	2,939.66
Peso del recipiente + muestra seca	gr	2,931.91	2,931.97	2,929.78	2,931.22
Peso muestra húmeda	gr	2,427.01	2,429.04	2,426.60	2,427.55
Peso muestra seca	gr	2,419.80	2,419.86	2,417.67	2,419.11
Peso de agua	gr	7.21	9.18	8.93	8.44
Contenido de humedad	%	0.30%	0.38%	0.37%	0.35%

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Por lo posterior se llegó a calcular el peso unitario suelto y compactado de los agregados.

Tabla 6. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra seca	kg	20.85	20.52	20.27	20.547
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	22.70	21.34	22.07	22.04
Peso del recipiente	kg	5.97	5.97	5.97	5.97
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.88	14.55	14.30	14.58
Peso de muestra en estado compactado	kg	16.73	15.37	16.10	16.07
Peso de agua	m3	0.009	0.009	0.009	0.009
Volumen del recipiente	kg/m3	1,653	1,617	1,589	1,620
Peso unitario suelto	kg/m3	1,859	1,708	1,789	1,785
Peso unitario compactado	kg/m3	20.85	20.52	20.27	20.547

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Tabla 7. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra seca	kg	23.42	23.41	23.45	23.427
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	24.05	24.34	24.32	24.24
Peso del recipiente	kg	7.88	7.88	7.88	7.88
Peso de muestra en estado suelto	kg	8.14	8.14	8.14	8.14
Peso de muestra en estado compactado	kg	15.54	15.53	15.57	15.55
Peso de agua	kg	15.91	16.2	16.18	16.097
Volumen del recipiente	kg	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso unitario suelto	kg/m ³	1,110	1,109	1,112	1,110
Peso unitario compactado	kg/m ³	1,136	1,157	1,156	1,150

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Siguiendo con los ensayos se llegó a calcular el Peso específico y Absorción de los agregados.

Tabla 8. Peso específico y Absorción del agregado fino

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	486.1	486.3	486.07	486.16
Peso del pignometro lleno de agua	gr	742.78	739.71	754.14	745.54
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,020.10	1,021.01	1,021.10	1,020.74
Peso de la muestra superficialmente seco (SSS)	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso específico aparente (SSS)	gr/cm ³	2.18	2.22	2.09	2.16
Peso específico masa seca	gr/cm ³	2.550	2.570	2.420	2.500
Absorción	%	0.36%	0.32%	0.37%	0.35%

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC.

Así obtener nuestro diseño de mezcla según el comité ACI. Para lo que tendremos el resumen de los agregados

Tabla 9. Resumen propiedades físicas de los agregados

DESCRIPCION	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Unitario Suelto	1620 kg/m ³	1112 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1785 kg/m ³	1151 kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2.30 gr/cm ³	2.50 gr/cm ³
Contenido de Humedad	4.90 %	0.35 %
% de Absorción	2.85 %	1.35 %
Módulo de Fineza	3.00	6.90
Tamaño Máximo Nominal	3/8 "	1/2 "

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

Obteniendo así los resultados del diseño de mezcla.

Tabla 10. Resultados del diseño de mezcla

MATERIALES	VOL. ABS. MATERIALES (m ³)	P. SECOS AGREG. (kg/m ³)	CORRECC. HUMEDAD (kg/m ³)	PROP. PESO	VOL. EN P3	PROP. EN VOLUMEN
CEMENTO	0.124	386.819	386.819	1	9.102	1
A. FINO	0.411	946.22	992.585	2.566	20.622	2.27
A. GRUESO	0.249	621.5	623.675	1.612	19.738	2.17
AGUA (L/m ³)	0.216	216	202.817	202.817	202.817	22.28 L/bolsa
AIRE	0					

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC

4.2.2. Resistencia mediante el método de compresión

Se desarrolló la rotura a compresión de las 6 probetas en base a la norma ASTM C 39, para los cilindros curados en laboratorio elaborados. Las probetas fueron inundadas en agua para su curado, los resultados se detallan en las tablas siguientes en edades de 7, 14 y 28 días:

Tabla 11. Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 7 días

N°	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Promedio Diámetro (mm)	Área de Probeta (mm ²)	Peso (g)	Carga en Kg	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)	Velocidad	Tipo de falla
LD - CM	05/10/2023	7	12/10/2023	101.90	8155.3	3862.4	13306.0	210	169.4	1.1	D
LD - CM	05/10/2023	7	12/10/2023	102.09	8184.9	3843.1	13437.0	210	171.0	0.9	D

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC.

Tabla 12. Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 14 días

N°	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Promedio Diámetro (mm)	Área de Probeta (mm ²)	Peso (g)	Carga en Kg	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)	Velocidad	Tipo de falla
LD - CM	05/10/2023	14	19/10/2023	102.19	8200.9	3909.3	15771.0	210	200.8	1.2	D
LD - CM	05/10/2023	14	19/10/2023	101.78	8136.1	3886.9	16171.0	210	205.8	2.3	C

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC.

Tabla 13. Resultado de la resistencia a compresión de las probetas a 28 días

N°	Fecha de Muestreo	Edad Días	Fecha de Rotura	Promedio Diámetro (mm)	Área de Probeta (mm ²)	Peso (g)	Carga en Kg	Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	Resistencia del Concreto (Kg/cm ²)	Velocidad	Tipo de falla
LD - CM	05/10/2023	28	02/11/2023	102.24	8209.8	3932.3	18145.0	210	231.0	1.1	D
LD - CM	05/10/2023	28	02/11/2023	101.51	8092.2	3900.7	18349.0	210	233.6	1.6	C

Nota: Elaborado en el laboratorio de la UNDAC.

4.2.3. Madurez y resistencia en estado fresco en laboratorio

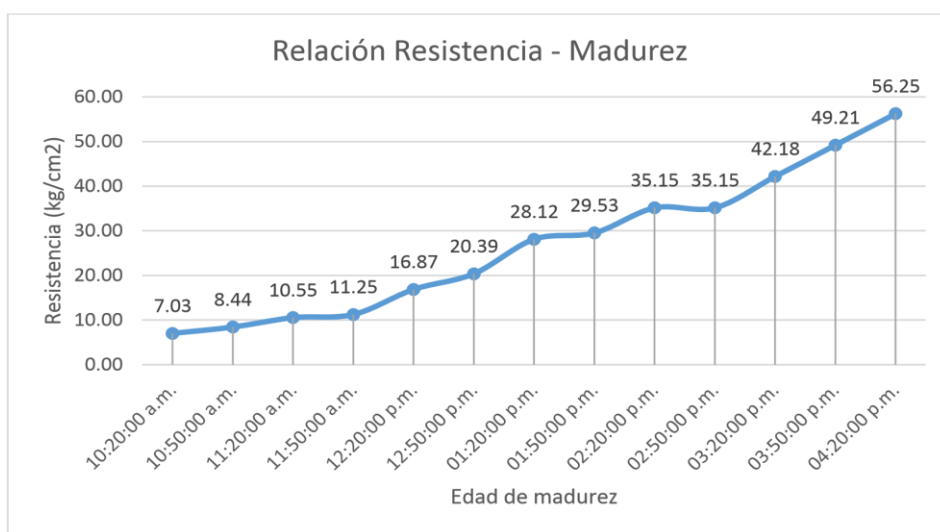
Se obtuvo la madurez, según la norma ASTM C 1074. Donde se verifico las temperaturas por intervalos de 30 minutos, como también las resistencias en cuatro puntos de las 13 probetas cuadradas, con ayuda del penetrometro de bolsillo. En la siguiente tabla podemos observar las resistencias promedio del concreto en estado fresco, que se obtuvo durante las primeras horas.

Tabla 14. Resultado de la madurez y resistencia en estado fresco de las probetas

HORA (c/30 min)	TEMP. (° C)	PUNTO 1 (Kg/cm2)	PUNTO 2 (Kg/cm2)	PUNTO 3 (Kg/cm2)	PUNTO 4 (Kg/cm2)	PROMEDIO
10:20:00	18.8	7.03	7.73	6.92	6.33	7.00
10:50:00	18.3	8.44	7.03	8.44	7.03	7.73
11:20:00	16.8	10.55	10.55	10.90	9.84	10.46
11:50:00	16.1	11.25	12.66	11.95	11.25	11.78
12:20:00	15.9	16.87	16.87	18.28	15.47	16.87
12:50:00	15.7	20.39	21.09	22.50	21.80	21.44
13:20:00	15.7	28.12	23.90	28.12	27.42	26.89
13:50:00	15.5	29.53	26.01	32.34	28.47	29.09
14:20:00	15.3	35.15	35.15	33.75	34.45	34.63
14:50:00	15.2	35.15	37.26	35.86	37.97	36.56
15:20:00	14.8	42.18	39.37	40.78	42.89	41.31
15:50:00	14.7	49.21	49.92	47.81	49.92	49.21
16:20:00	13.7	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25

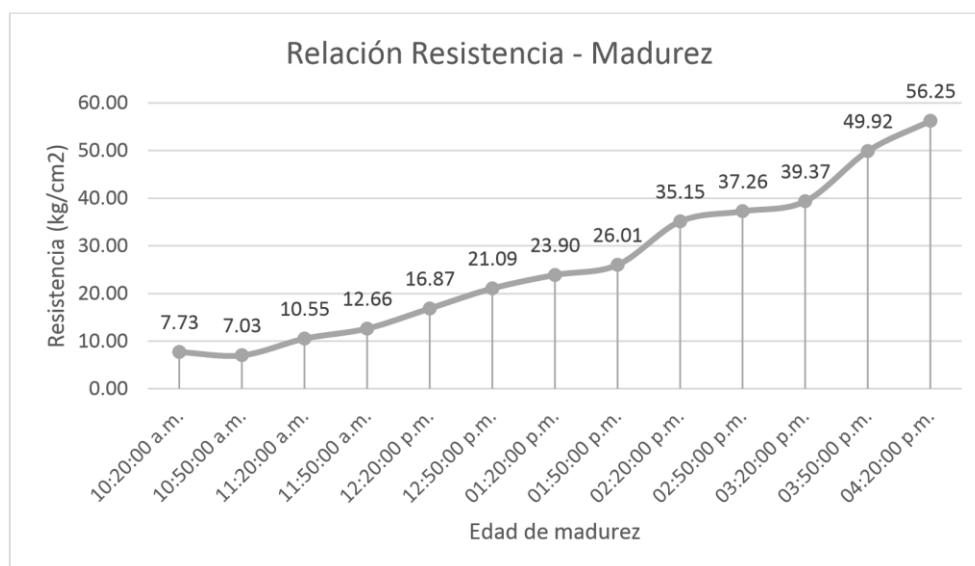
Nota: Elaboración propia.

Figura 13. Curva de madurez de la variable en el Punto 1



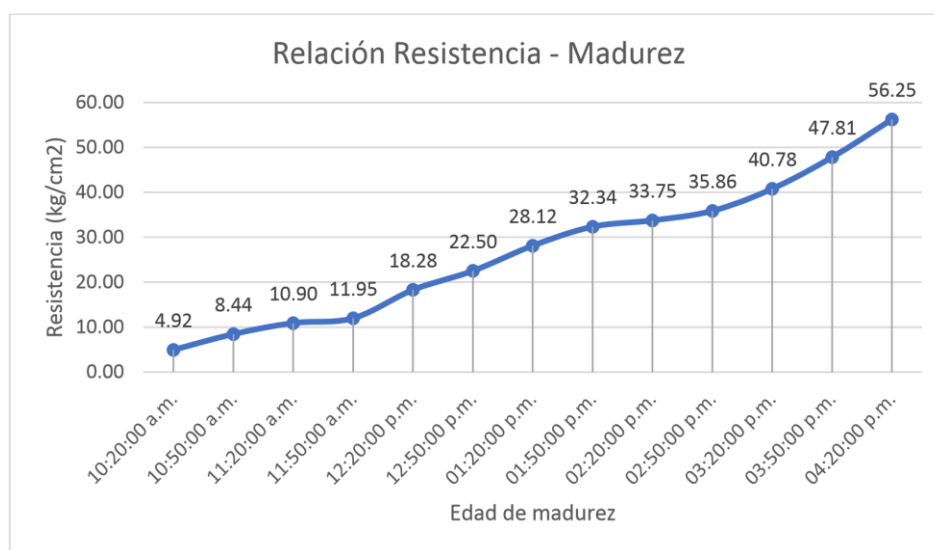
Nota: Elaboración propia.

Figura 14. Curva de madurez de la variable en el Punto 2



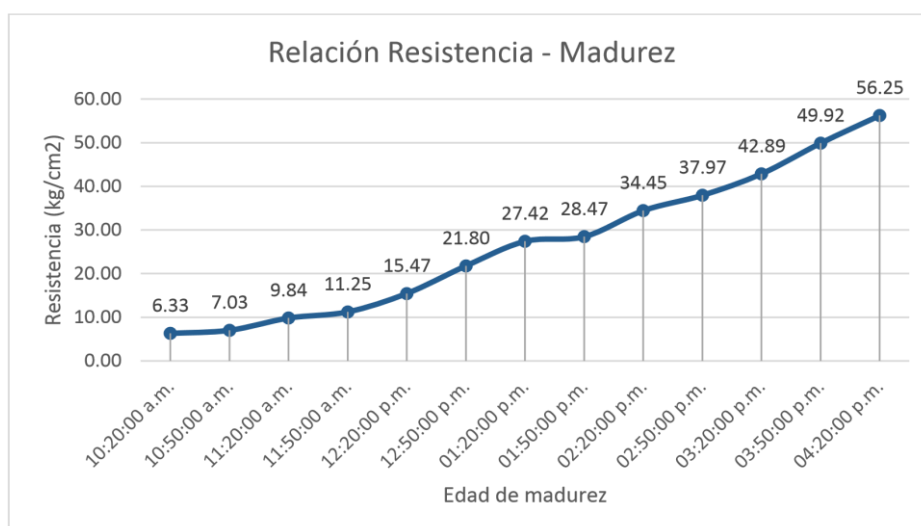
Nota: Elaboración propia.

Figura 15. Curva de madurez de la variable en el Punto 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 16. Curva de madurez de la variable en el Punto 4



Nota: Elaboración propia.

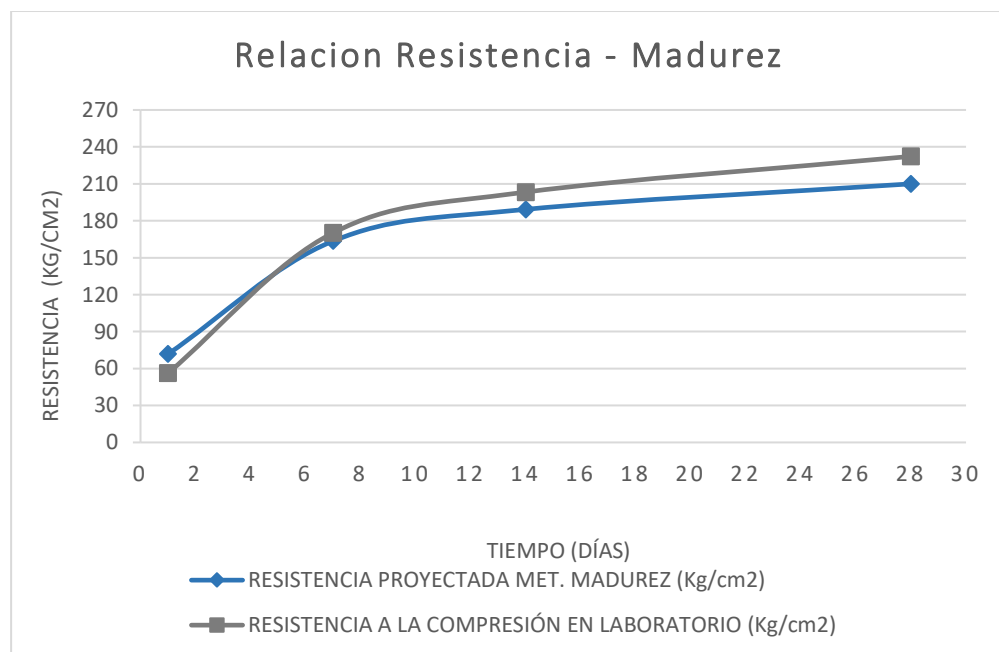
Se realizó los cálculos para el Índice de madurez y Resistencia Proyectada para edades de 7, 14 y 28 días y comparar con la Resistencia a Compresión obtenida en laboratorio, se puede observar que estos datos al correlacionarlos se forman una tendencia positiva, la cual indica una Resistencia a la compresión favorable.

Tabla 15. Cuadro comparativo de la Resistencia proyectada y la Resistencia en laboratorio

TIEMPO (días)	RESISTENCIA PROYECTADA MET. MADUREZ (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LABORATORIO (Kg/cm ²)
1	71.79	56.25 (6 h)
7	163.56	170.20
14	189.26	203.30
28	210.00	232.30

Nota: Elaboración propia.

Figura 17. Curva de resistencia proyectada y resistencia a la compresión en laboratorio



Nota: Elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis

Al realizar la prueba de hipótesis, debemos obtener el análisis estadístico a utilizar y asegurarnos de que nuestra variable es numérica. También debemos realizar la prueba de validación de datos y confiabilidad que nuestra variable cumple con una estadística paramétrica.

4.3.1. Probabilidad para el método de madurez y resistencia a compresión

Los datos obtenidos sobre la resistencia a compresión utilizando los métodos de madurez y compresión ($f'c$) se evaluaron estadísticamente mediante análisis de varianza con un nivel de significancia de 5% y así obteniendo un intervalo de confianza a 95% y esto calculándolo con el software Microsoft Excel. Y de esta manera obteniendo los resultados del análisis de probabilidad de los datos $f'c$, donde se puede observar una correlación estadísticamente significativa entre la resistencia a compresión por los tipos de conservación de agua y los métodos de maduración y compresión.

4.4. Discusión de resultados

En la presente tesis, la madurez y su efecto sobre la resistencia a compresión del concreto con 210 kg/cm^2 con base en los resultados acorde con la prueba de hipótesis alternativa general y muestra la comparación de aceptación y correlación de los resultados de los investigadores.

Los resultados encontrados al medir la temperatura de muestras de concreto y su resistencia a compresión según la norma NTP 339.217. Para lograr la calibración de la mezcla es necesario tener un gráfico de los datos obtenidos en el laboratorio (temperatura, tiempo y resistencia a compresión), lo que nos ayuda al análisis según la norma NTP 339.217.

Los datos requeridos para el cuadro estándar se recolectarán a edades tempranas y utilizaremos según la norma técnica peruana el de rotura de probetas cilíndricas (NTP 339.034,

2008). La dosificación del concreto se preparará de acuerdo con la para la preparación y curado del Concreto en Campo. (NTP 339.033, 2009) y estas muestras serán la base del método de madurez instrumental. Luego de que las

probetas hayan estado en uso por un período de tiempo determinado (1, 3, 7, 14 y 28 días), se realizarán ensayos de compresión de acuerdo con lo que dice la norma que establece que se realizará la prueba 02 especímenes mínimo. Se debe comprobar y se tomará el valor medio. Si el rango de resistencia a compresión del concreto de las muestras excede el 10% de su valor promedio, se agregará una tercera probeta para así calcular su promedio óptimo.

CONCLUSIONES

Con respecto a alcanzar los objetivos planteados se puede decir lo siguiente:

- El método de madurez proporciona una gran intervención sobre parámetros como la temperatura y la edad, la cual es crucial para calcular la resistencia a compresión en estado endurecido y a su vez con el método de madurez en estado fresco, con resultados óptimos que demuestran la confiabilidad para poder usarlo como control de calidad, además de ser una técnica sencilla y no destructiva.
- El estudio realizó verificaciones de temperaturas que a su vez llevo a observar el tiempo de fragua en menos de 6 horas, considerando que al finalizar la prueba se tenía una temperatura ambiente de 5°C, por otro lado, las pruebas de resistencia a edades tempranas son favorables ya que con la proyección de resistencia del método de madurez para un día de edad se debería obtener 71.79 kg/cm² y a las 6 horas de edad en laboratorio se logró una resistencia de 56.25 kg/cm², de la misma forma con la proyección de madurez para 7 días de edad se debería obtener 163.56 kg/cm² y en laboratorio se logró una resistencia de 170.20 kg/cm². Los resultados constatan que, con un buen control y aplicación del método de madurez, se pueden verificar resistencias tempranas favorables.
- La aplicación del método de madurez esta directamente relacionado con tiempo en la medida que el cemento hidrata y libera calor, influyendo la temperatura en la resistencia del concreto explicado en el párrafo anterior.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar investigando en el futuro y realizar ensayos a temperaturas más elevadas para obtener un alcance y resultados más amplios para los profesionales y quienes tienen que trabajar con concreto.
- Para calcular la resistencia a compresión del concreto se recomienda utilizar el método de madurez, lo que nos ayudará a evaluar su desarrollo según las posibles condiciones climáticas a edades tempranas teniendo en cuenta la temperatura, lo que no es posible en la mayoría de los casos con el método convencional de rotura invasiva.
- A través de esta investigación utilizando el método de madurez del concreto, diríamos que las bases utilizadas para calcular la resistencia a compresión del concreto son adecuadas y se ajustan óptima y positivamente para obtener los resultados requeridos. Las pruebas lo han demostrado, que cuando se utilizan métodos de madurez, se estiman resultados semejantes y óptimos que del método convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

201.2R-01, A. (2006). Guía para la Durabilidad del Hormigón.

Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*.

ACI. (2018). *Recolección de datos*. California: ACI.

ACI 211. (2002). Diseño de mezclas de concreto.

ACI 306. (2019). Vaciado de concreto en climas fríos.

Adrianzen Jordan, E. N., & Zavaleta Rosales, R. B. (2021). *Importancia del método de madurez en la obtención de la resistencia del concreto para un $f'c=21\text{mpa}$, con una mezcla de cemento tipo i y tipo ico, en la ciudad de trujillo 2021*. Perú.

Aspilcueta Asencios, M. U. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTIMADA A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE MADUREZ*.

ASTM C39. (2021). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

Bedoya, J. (2018). *INFLUENCIA DEL MÉTODO DE MADUREZ EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA UN $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$ EN LA CIUDAD DE HUANCAVELICA*.

Carrasco Diaz, S. (2006). *Metodología de La Investigacion Cientifica*.

Carrilo Negrete, E. M. (2011). *Evaluación del Efecto de la Temperatura y del Tiempo de Fraguado en la Resistencia Estimada del Hormigón mediante Madurez*.

Cruz, A. (2017). *COMPARACION DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL*.

Flores, C., & Gonzales, J. (2010). *DETERMINAR CURVA DE EXTRAPOLACION DE RESISTENCIA*.

Hernández, R. (2010). *Metodología de la Investigación (sexta ed.)*.

Lachemi, M., Hossain, K. M., Anagnostopoulos, C., & Sabouni, A. R. (2007). Application of maturity method to slipforming operations: Performance validation.

López Garzón, M. C., & Castro Garido, M. C. (2013). *Aplicación del Método de la Madurez para la estimación de tiempos de fraguado y resistencias de Concretos Industrializados con el fin de conocer la edad de descimbrado*.

Loya, L. (2018). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CURADO DE CONCRETO EN OBRA Y LABORATORIO, EN EL*.

Morikawa, M. (10 de 10 de 2020). *Marino Morikawa: “Las personas que recogen la basura son héroes sin capa”*. Obtenido de Marino Morikawa: “Las personas que recogen la basura son héroes sin capa”: <https://peru21.pe/cultura/marino-morikawa-las-personas-que-recogen-la-basura-son-heroes-sin-capa-coronavirus-ecologia-contaminacion-ambiental-noticia/>

MVCS. (2020). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: MVCS.

National Ready Mixed Concrete Association. (2008). *nrmca*. Obtenido de <https://www.nrmca.org/> Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Kansas: McGraw-Hill.

NTP 339.033. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO)*. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

NTP 339.034. (2008). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, muestras cilíndricas. Perú.

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima.

Rumiche Ormeño, E. M. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DEL METODO DE MADUREZ DEL CONCRETO (NORMA ASTM C 1074) PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON APOYO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS*.

Sánchez Villa, I. d. (2017). *CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO CON BAJA RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR MÉTODOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS*.

Socha Moya, J. S. (2014). *EVALUACIÓN DE UN MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR LA ENERGÍA DE ACTIVACIÓN DE UN CEMENTO TIPO CONCRETERO COLOMBIANO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ*.

Torre, A. (2004). *CURSO BASICO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*. Lima: UNI.

Villegas, C. (2014). *Tecnología de concreto: Diseño de mezclas para la elaboración de concreto estructural-Método Comité 211 del ACI*.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MADUREZ PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F’C=210KG/CM2 EN EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO”.

	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto f’c=210kg/cm2 en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?	Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto f’c=210kg/cm2 en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Utilizando el método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de la resistencia a la compresión del concreto f’c=210kg/cm2 en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Dependiente: - Resistencia a la compresión del concreto. Gerardo A., (2013). “Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm2, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi)”. - Comportamiento físico- mecánico del concreto - Tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas de concreto - Temperatura inicial del concreto	Tipo de Investigación: Aplicada, corresponde a las investigaciones experimentales o aplicadas dentro de las ciencias sociales

Específicos	¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?	Evaluar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Utilizando el método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Independiente: - Método de madurez (Corro M., Ramos M.; 2015). “(°C x Horas): Es una técnica que consiste en determinar la resistencia a la compresión de concreto, a través de cálculo del índice de madurez, con respecto a la temperatura de la estructura en el tiempo de curado”.	Diseño de la investigación: El diseño experimental se manipula las variables, para analizar los resultados, que se representa de la siguiente manera: GE 01 X 02
	¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?	Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Utilizando método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente en los tiempos de fraguado y resistencias a edades tempranas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ mediante el método de madurez en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.		Población: Probetas Muestra: - Fragua inicial - Testigos de concreto.
	¿De qué manera la aplicación del método de madurez estimara en el cálculo la influencia de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco?	Determinar si la aplicación del método de madurez estimara el cálculo de la influencia de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.	Utilizando método de madurez influye significativamente en el cálculo más eficiente de la temperatura en la resistencia del concreto para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en edificaciones de la ciudad de Cerro de Pasco.		Método: - Experimental, Observación de fenómenos

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 1: Obtención del concreto, según el diseño de mezcla



Figura 2: Obtención de la prueba de asentamiento



Figura 3: Enrasado del concreto a las probetas.



Figura 4: Medición de temperatura de la probeta inicial



Figura 5: Obtención de la resistencia con la ayuda de un penetrómetro de la probeta inicial



Figura 6: Probetas para la obtención de temperaturas y resistencias cada 30 min



Figura 7: Obtención de la temperatura de la probeta final



Figura 8: Obtención de la resistencia con la ayuda de un penetrómetro de la probeta final



Figura 9: Control de las probetas cuadradas con su resistencia y temperaturas obtenidas



Figura 10: Probetas cuadradas después de las pruebas de penetrómetro



Figura 11: Probetas cilíndricas posteriormente para su ensayo a la compresión



Figura 12: Curado de probetas cilíndricas



Figura 13: Ensayo de resistencia a la compresión



Figura 14: Probeta después del ensayo de compresión