

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE GRADO

***EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE
CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA HORMIGONES
ELABORADOS CON CEMENTO ECEBOL IP-40, DISPONIBLE
EN LA CIUDAD DE LA PAZ***

Proyecto de grado para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Civil

POSTULANTE: ELIAS CONDORI ALVARO

ASESOR: ING. FERNANDO MIGUEL CERRUTO ANIBARRO

LA PAZ – BOLIVIA

2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a nuestra Universidad Mayor de San Andrés. Estoy orgulloso de la educación excepcional que he recibido.

Mi gratitud a mi tutor Ing. Fernando Miguel Cerruto Anibarro. Su orientación profesional y apoyo constante han sido pilares fundamentales para alcanzar el éxito de este proyecto. La dedicación y experiencia que ha compartido han enriquecido significativamente mi aprendizaje.

De la misma manera agradecer al tribunal evaluador Ing. Raúl Félix Velázquez Garzón, MSc. Ing. Angel Ramos Maita, MSc. Ing. Eliseo Jahdiel Villafuerte Oporto y MSc. Ing. Efraín Santalla Alejo.

Como también quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional.

Alvaro Elias Condori

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado fuerzas y ha sido mi guía durante todo este proceso académico.

A mi mamá Cristina Condori Rodríguez, por ser fuente de inspiración constante y mi mayor apoyo como también a mis familiares que me apoyaron durante todo este proceso.

Alvaro Elias Condori

**“EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL
TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA
HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO ECEBOL IP-40, DISPONIBLE EN
LA CIUDAD DE LA PAZ”**

Autor: Alvaro Elias Condori C.I.: 9087915 L.P. Cel.: 63060936

Dirección: C. Chiriguano # S/N Z. Nueva Asunción - El Alto – Bolivia

Correo electrónico: alvaroeliascondori@gmail.com

RESUMEN:

En la actualidad se tiene varios tipos y métodos de curado de elementos y estructuras, uno de los más empleados en pequeñas y medianas obras civiles en la ciudad de La Paz es el curado por riego intermitente, este método de curado no es recomendable por la bibliografía ya que indica que el riego no debe ser interrumpido. Por este interés se ha visto la necesidad de investigar la Evolución de la resistencia a compresión en función al tiempo de curado intermitente tradicional en obra, para hormigones elaborados con cemento ECEBOL IP-40, disponible en la ciudad de La Paz.

Se enmoldaron 144 probetas de hormigón con dosificaciones para consumos de cemento de 300, 400 y 500 kg/m³H°. Un grupo de estas probetas fue curado de manera intermitente a 0, 3, 5 y 14 días, mientras que otro grupo fue curado en piscina de manera normalizada. El proceso de curado intermitente se llevó a cabo con frecuencias de 3 y 6 riegos por día.

El método convencional de curado en obra muestra deficiencias, ya que ninguno de los conjuntos de probetas sometidos al ensayo de compresión a 28 días logra superar el 93% de la resistencia en comparación con el método normalizado.

Para lograr la resistencia de proyecto de manera eficiente, se recomienda aumentar la cantidad de cemento. No obstante, este incremento no puede ser ilimitado, ya que afecta negativamente la resistencia a compresión debido a la disminución de otros componentes como los agregados. Asimismo, se aconseja aplicar un curado intermitente tradicional en obra durante al menos 3 días, con riesgos frecuentes de 3 veces al día.

**“EVOLUTION OF COMPRESSION STRENGTH AS A FUNCTION OF
TRADITIONAL INTERMITTENT CURING TIME ON SITE, FOR CONCRETE MADE
WITH IP-40 ECEBOL CEMENT, AVAILABLE IN THE CITY OF LA PAZ”**

Author: Alvaro Elias Condori **C.I.:** 9087915 L.P. **Phone Number:** 63060936

Address: C. Chiriguano # S/N Z. Nueva Asunción - El Alto – Bolivia

E-mail: alvaroeliascondori@gmail.com

ABSTRAC:

Currently there are several types and methods of curing elements and structures, one of the most used in small and medium civil works in the city of La Paz is curing by intermittent irrigation, this curing method is not recommended by the bibliography. since it indicates that irrigation should not be interrupted. Due to this interest, the need has been seen to investigate the Evolution of compression resistance as a function of the traditional intermittent curing time on site, for concrete made with ECEBOL IP-40 cement, available in the city of La Paz.

144 concrete specimens were cast with dosages for cement consumption of 300, 400 and 500 kg/m³H^o. A group of these specimens was cured intermittently at 0, 3, 5 and 14 days, while another group was cured in a normal pool. The intermittent curing process was carried out with frequencies of 3 and 6 irrigations per day.

The conventional on-site curing method shows deficiencies, since none of the sets of specimens subjected to the 28-day compression test manage to exceed 93% of the resistance compared to the standardized method.

To achieve the project strength efficiently, it is recommended to increase the amount of cement. However, this increase cannot be unlimited, since it negatively affects the compressive strength due to the decrease in other components such as aggregates. Likewise, it is advisable to

apply a traditional intermittent curing on site for at least 3 days, with frequent risks of 3 times a day.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1	Generalidades	1
1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del Problema.....	2
1.3	Estado del Arte.....	2
1.3.1	<i>Investigaciones Nacionales</i>	2
1.3.2	<i>Investigaciones Internacionales</i>	3
Capítulo 2	Objetivos y Alcance	5
2.1	Objetivo General	5
2.2	Objetivos Específicos.....	5
2.3	Alcance.....	5
Capítulo 3	Marco Teórico	8
3.1	El Hormigón.....	8
3.1.1	<i>Cemento</i>	8
3.1.2	<i>Agua</i>	9
3.1.3	<i>Agregados</i>	9
3.2	Fraguado y Endurecimiento del Hormigón.....	10
3.3	Curado del Hormigón.....	12
3.3.1	<i>Importancia del Curado en la Hidratación del Cemento</i>	12
3.3.2	<i>Métodos y Materiales para el Curado (ACI 308R-01)</i>	13
3.3.2.1	Curado con Agua.....	13
3.3.2.2	Materiales Selladores	14
3.3.2.3	Protección y Curado en Clima Frío.....	15
3.3.2.4	Curado en Clima Cálido.....	15
3.3.2.5	Curado con Vapor a Alta Presión.....	15
3.3.2.6	Curado con Vapor a Baja Presión (o a Presión Atmosférica)	15
3.3.3	<i>Curado Intermitente en Nuestro Medio</i>	15
3.4	Efectos del Tiempo de Curado sobre la Resistencia a Compresión del Hormigón .	16
3.5	Influencia en la Relación Agua/Cemento en la Necesidad de Curar	17
3.6	Protección del Hormigón	17
3.7	Herramientas Estadísticas	19
3.7.1	<i>Depuración de Datos Atípicos</i>	19
3.7.2	<i>Prueba de Homocedasticidad</i>	20
3.7.3	<i>Análisis de Varianza de Dos Factores</i>	20
3.7.3.1	Modelo e Hipótesis para el Problema de Dos Factores.....	22
3.7.3.2	Partición de la Variabilidad en el Caso de dos Factores	23
3.7.3.3	Formación de los cuadrados medios	24
3.7.4	<i>Comparaciones Pareadas</i>	25
3.7.4.1	Prueba de Duncan	25
3.7.5	<i>Determinación del Modelo Matemático</i>	26
3.8	Obtención de las Resistencias Estimadas Características	26

Capítulo 4	Diseño Metodológico	28
4.1	Constantes	28
4.1.1	<i>Revenimiento (Asentamiento)</i>	28
4.1.2	<i>Cantidad de Cemento</i>	28
4.1.3	<i>Agregado Utilizado</i>	28
4.1.4	<i>Método de Dosificación</i>	28
4.2	Variables	28
4.2.1	<i>Edad de Rotura</i>	28
4.2.2	<i>Tiempo de Curado</i>	29
4.2.2.1	Curado por Inmersión	29
4.2.2.2	Curado por Riego Intermitente.....	29
4.2.2.3	Curado a la intemperie	29
4.3	Determinación del Número de Probetas	29
4.4	Procedimiento de Curado y Rotura de Probetas	30
4.4.1	<i>Probetas Curado a la Intemperie</i>	31
4.4.2	<i>Probetas Curadas por Riego Intermitente Tradicional en Obra</i>	31
4.4.2.1	Curado por Riego Intermitente (3 riegos por día).....	31
4.4.2.2	Curado por Riego Intermitente (6 riegos por día).....	31
4.4.3	<i>Probetas Curadas en Piscina</i>	32
4.5	Herramientas Estadísticas a Emplear	32
Capítulo 5	Desarrollo del Proyecto	33
5.1	Materiales	33
5.2	Trabajos Previos.....	33
5.2.1	<i>Caracterización de los Agregados</i>	33
5.2.2	<i>Proceso de Capacitación Operativa</i>	35
5.2.3	<i>Adecuación y Limpieza de Ambientes</i>	35
5.2.4	<i>Dosificación</i>	36
5.3	Desarrollo y Cronología del Hormigonado.....	37
5.3.1	<i>Matriz de Repeticiones</i>	37
5.4	Nomenclatura de Probetas.....	37
5.5	Proceso de Elaboración de las Probetas de Hormigón.....	38
5.6	Aplicación del Procedimiento de Curado	38
5.6.1	<i>Clasificación de las Probetas</i>	38
5.6.2	<i>Probetas Curadas a la Intemperie</i>	38
5.6.3	<i>Probetas Curadas por Riego Intermitente Tradicional en Obra</i>	39
5.6.3.1	Curado por Riego Intermitente (3 riegos por día).....	39
5.6.3.2	Curado por Riego Intermitente (6 riegos por día).....	39
5.6.4	<i>Probetas Curadas en Piscina</i>	39
5.7	Instrumentos de Medición.....	40
Capítulo 6	Evaluación de Resultados	41
6.1	Resultados del Ensayo a Compresión	41
6.2	Depuración y Análisis Estadístico	43

6.2.1	<i>Consumo de Cemento de 300 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día</i>	43
6.2.1.1	Depuración de Muestras.....	43
6.2.1.2	Análisis Factorial	44
6.2.1.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	45
6.2.2	<i>Consumo de Cemento de 400 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día</i>	47
6.2.2.1	Depuración de Muestras.....	47
6.2.2.2	Análisis Factorial	48
6.2.2.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	49
6.2.3	<i>Consumo de Cemento de 500 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día</i>	51
6.2.3.1	Depuración de Muestras.....	51
6.2.3.2	Análisis Factorial	52
6.2.3.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	53
6.2.4	<i>Consumo de Cemento de 300 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día</i>	55
6.2.4.1	Depuración de Muestras.....	55
6.2.4.2	Análisis Factorial	56
6.2.4.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	57
6.2.5	<i>Consumo de Cemento de 400 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día</i>	59
6.2.5.1	Depuración de Muestras.....	59
6.2.5.2	Análisis Factorial	60
6.2.5.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	61
6.2.6	<i>Consumo de Cemento de 500 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día</i>	63
6.2.6.1	Depuración de Muestras.....	63
6.2.6.2	Análisis Factorial	64
6.2.6.3	Prueba de Rango Múltiple (Duncan).....	65
6.3	Resumen de las Resistencias Estimadas Características.....	67
6.4	Porcentajes de Resistencias Características a Compresión con Relación al valor de la Resistencia a 28 Días de Rotura (Normalizado).	69
6.5	Porcentajes de Resistencias Características a Compresión con Relación al Valor de la Resistencia a 7 y 28 Días de Rotura (Normalizado).....	71
6.6	Modelo Matemático	72
6.6.1	<i>Curvas Ajustadas</i>	72
6.6.1.1	Consumo de Cemento 300 kg/m ³ H ^o , con Curado Intermitente de 3 y 6 Riegos por Día	72
6.6.1.2	Consumo de Cemento 400 kg/m ³ H ^o , con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día	75
6.6.1.3	Consumo de Cemento 500 kg/m ³ H ^o , con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día	78
6.7	Resistencias Características para los Tres Consumos de Cemento.....	81
6.8	Resistencia en Función del Consumo del Cemento	81

6.8.1	<i>Comparación de Resistencias Características con una Frecuencia de 3 Riegos por Día</i>	81
6.8.2	<i>Comparación de Resistencias Características con una Frecuencia de 6 Riegos por Día</i>	84
6.9	Gráficas Resistencias Características versus Consumos de Cemento para Frecuencias de 3 y 6 Riegos por Día.....	86
6.10	Comparación de Resistencias Características, con 3 Tipos de Cemento	87
Capítulo 7	Aplicación y Análisis de Costos	92
7.1	Aplicación	92
7.1.1	<i>Evaluación</i>	97
7.2	Análisis de costos.....	98
Capítulo 8	Conclusiones y Recomendaciones	100
8.1	Conclusiones	100
8.2	Recomendaciones.....	101
Capítulo 9	Referencias Bibliográficas	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Partículas no hidratadas de cemento portland, aumento 2000×.	11
Figura 2	Múltiples partículas de cemento portland parcialmente hidratado, aumento 4000×.	11
Figura 3	Primer plano de una sola partícula de cemento hidratado, aumento 11000×.	12
Figura 4	Hidratación de la partícula de cemento.	13
Figura 5	Influencia de curados diferentes sobre las resistencias a compresión del hormigón.	16
Figura 6	Curva granulométrica del agregado grueso.	34
Figura 7	Curva granulométrica del agregado fino.	34
Figura 8	Gráfica de resistencias promedios para cada consumo de cemento con 3 riegos por día.	42
Figura 9	Gráfica de resistencias promedios para cada consumo de cemento con 6 riegos por día.	42
Figura 10	Gráfica de resistencias características para cada consumo de cemento con 3 riegos por día.	68
Figura 11	Gráfica de resistencias características para cada consumo de cemento con 6 riegos por día.	68
Figura 12	Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 riegos por día	70
Figura 13	Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 6 riegos por día	70
Figura 14	Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de 300 kg/m ³ H°, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día	74
Figura 15	Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de 400 kg/m ³ H°, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día	77
Figura 16	Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de 500 kg/m ³ H°, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día	80
Figura 17	Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 400 respecto al de 300 kg/m ³ H°.	82
Figura 18	Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 500 respecto al de 400 kg/m ³ H°.	83
Figura 19	Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 400 respecto al de 300 kg/m ³ H°.	85
Figura 20	Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 500 respecto al de 400 kg/m ³ H°.	86
Figura 21	Resistencia vs. Consumo de Cemento con una Frecuencia de 3 Riegos por Día	86
Figura 22	Resistencia vs. Consumo de Cemento con una Frecuencia de 6 Riegos por Día	87
Figura 23	Comparación de Resistencias entre los tres tipos de cemento para una frecuencia de 3 riegos por día.	91
Figura 24	Esquema del proceso del curado intermitente tradicional en obra.	92
Figura 25	Plano de vista en planta de columnas y vigas (ESC 1:100).	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ensayos realizados en el proyecto.....	6
Tabla 2	Componentes principales del Clinker portland.....	9
Tabla 3	Experimento de dos factores con n réplicas.....	21
Tabla 4	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con n réplicas.....	25
Tabla 5	Valores del coeficiente K_N	27
Tabla 6	Tabla de cuantificación de probetas para un consumo de cemento y un tipo de cemento.....	30
Tabla 7	Materiales empleados para la elaboración de probetas cilíndricas de hormigón.....	33
Tabla 8	Propiedades de los agregados.....	33
Tabla 9	Dosificación empleada para un metro cúbico de hormigón con asentamiento de 7 cm.....	36
Tabla 10	Tabla de cuantificación de probetas para un consumo de cemento.....	37
Tabla 11	Resumen de resistencias promedio a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado.....	41
Tabla 12	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	43
Tabla 13	Experimento de 2 factores con 3 replicas.....	44
Tabla 14	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	44
Tabla 15	Valores para realizar la prueba de Duncan.....	45
Tabla 16	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7).....	45
Tabla 17	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo.....	46
Tabla 18	Tabla de la prueba de Duncan.....	46
Tabla 19	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	47
Tabla 20	Experimento de 2 factores con 3 replicas.....	48
Tabla 21	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	48
Tabla 22	Valores para realizar la prueba de Duncan.....	49
Tabla 23	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7).....	49
Tabla 24	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo.....	50
Tabla 25	Tabla de la prueba de Duncan.....	50
Tabla 26	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	51
Tabla 27	Experimento de 2 factores con 3 replicas.....	52
Tabla 28	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	52
Tabla 29	Valores para realizar la prueba de Duncan.....	53
Tabla 30	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7).....	53
Tabla 31	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo.....	54
Tabla 32	Tabla de la prueba de Duncan.....	54
Tabla 33	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	55
Tabla 34	Experimento de 2 factores con 3 replicas.....	56
Tabla 35	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	56
Tabla 36	Valores para realizar la prueba de Duncan.....	57
Tabla 37	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7).....	57
Tabla 38	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo.....	58

Tabla 39	Tabla de la prueba de Duncan.....	58
Tabla 40	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	59
Tabla 41	Experimento de 2 factores con 3 replicas	60
Tabla 42	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	60
Tabla 43	Valores para realizar la prueba de Duncan	61
Tabla 44	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)	61
Tabla 45	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo	62
Tabla 46	Tabla de la prueba de Duncan.....	62
Tabla 47	Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos).....	63
Tabla 48	Experimento de 2 factores con 3 replicas	64
Tabla 49	Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas.....	64
Tabla 50	Valores para realizar la prueba de Duncan	65
Tabla 51	Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)	65
Tabla 52	Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo	66
Tabla 53	Tabla de la prueba de Duncan.....	66
Tabla 54	Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado.....	67
Tabla 55	Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 y 6 riegos por día.....	69
Tabla 56	Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 7 y 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 y 6 riegos por día.....	71
Tabla 57	Modelo Matemático para consumo de cemento de 300 kg/m ³ H° y frecuencia de 3 riegos por día	72
Tabla 58	Modelo Matemático para consumo de cemento de 300 kg/m ³ H° y frecuencia de 6 riegos por día	73
Tabla 59	Modelo Matemático para consumo de cemento de 400 kg/m ³ H° y frecuencia de 3 riegos por día	75
Tabla 60	Modelo Matemático para consumo de cemento de 400 kg/m ³ H° y frecuencia de 6 riegos por día	76
Tabla 61	Modelo Matemático para consumo de cemento de 500 kg/m ³ H° y frecuencia de 3 riegos por día	78
Tabla 62	Modelo Matemático para consumo de cemento de 500 kg/m ³ H° y frecuencia de 6 riegos por día	79
Tabla 63	Resumen de resistencias características por consumo de cemento.....	81
Tabla 64	Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 400 respecto al de 300 kg/m ³ H°.....	81
Tabla 65	Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 500 respecto al de 400 kg/m ³ H°.....	83
Tabla 66	Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 400 respecto al de 300 kg/m ³ H°.....	84
Tabla 67	Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 500 respecto al de 400 kg/m ³ H°.....	85
Tabla 68	CEMENTO 1. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado	88

Tabla 69	CEMENTO 2. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado	89
Tabla 70	CEMENTO 3. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado	90
Tabla 71	Costo de curado para un solo riego en 20 columnas.....	94
Tabla 72	Costo total del curado al aplicar los procedimientos tradicionales en obra para todas las columnas.....	94
Tabla 73	Indicador de Costo/Resistencia (C/R) para curado intermitente con 3 riegos por día	95
Tabla 74	Indicador de Costo/Resistencia (C/R) para curado intermitente con 6 riegos por día	96
Tabla 75	Resumen de precios unitarios para cada consumo de cemento para un m ³ de columna de H°A°	99

Capítulo 1 Generalidades

1.1 Introducción

En los últimos años, se ha observado un notable aumento en la construcción de proyectos civiles de mediana y gran envergadura, impulsado por el crecimiento económico. Asegurar la seguridad, durabilidad y correcto desempeño de cualquier estructura de hormigón implica garantizar la capacidad resistente de sus componentes: fundaciones, columnas, vigas, muros, losas, y otros elementos estructurales. Un fallo en alguna de estas partes puede desencadenar una distribución imprevista de las cargas entre los demás elementos, afectando así el funcionamiento integral de la estructura.

Como se conoce el hormigón es excelente para resistir sollicitaciones a compresión, por tanto, en la ingeniería civil se busca explotar al máximo esta propiedad físico mecánica que nos brinda el hormigón. Esta propiedad depende de varios factores tales como: materiales que lo componen, dosificación de los mismos, relación agua cemento, amasado del hormigón, puesta en obra, compactación y curado.

Los componentes responsables de la resistencia mecánica de la pasta de cemento endurecido son: Silicato Tricálcico, Silicato Bicálcico, Aluminato Tricálcico y Ferro-Aluminato – Tetracálcico. Los dos silicatos, Tricálcico y Bicálcico constituyen entre el 60 y 80 % de la composición total del Clinker y son por supuesto los componentes principales. Estos reaccionan con el agua produciendo “tobermorita” y “portlandita”.

La llamada “tobermorita” es en realidad un conjunto de silicatos de calcio hidratatos, estos son los compuestos estables y responsables de la resistencia mecánica de la pasta de cemento endurecido. Por su parte la llamada “portlandita” es en realidad el hidróxido de calcio hidratado y esta reacciona con las puzolanas, en presencia de humedad, produciendo silicatos cálcicos hidratados.

Como se destacó anteriormente, la hidratación del cemento desempeña un papel crucial en la resistencia del hormigón. Este proceso se inicia con el agua de amasado durante la fase de hormigón fresco y continua con el agua de curado en la etapa de endurecimiento. Por lo tanto, es imperativo mantener un proceso de curado constante. Lamentablemente, en la práctica constructiva, suele observarse un curado intermitente.

1.2 Planteamiento del Problema

El inconveniente que enfrentamos en las obras de nuestro medio se relaciona con la recurrente aplicación de un curado intermitente. La falta de certeza surge al no tener un conocimiento preciso sobre si este procedimiento realmente cumple con los requisitos técnicos establecidos por las normativas, asegurando así el cumplimiento de las propiedades especificadas para el hormigón.

La investigación busca generar conocimiento al explorar diversos métodos de curado intermitente, con el propósito de presentar información útil y aplicable al constructor.

Entonces, ¿Por qué los constructores no le dan la debida importancia al curado del hormigón?, sabiendo que es un factor clave, en la resistencia mecánica a compresión y durabilidad del mismo.

1.3 Estado del Arte

1.3.1 Investigaciones Nacionales

Influencia del Tiempo de Curado Húmedo sobre la resistencia a compresión del hormigón a Largo Plazo, empleando cemento EMISA (IP-30, IP-40), Proyecto de Grado Ingeniería Civil Universidad Mayor de San Andrés 2004. Aruquipa Cahuana Hugo R, Cerruto Fernando, Echazu Jorge.

En esta investigación, se vaciaron probetas de hormigón, con el objetivo de conocer la influencia del curado húmedo (0, 1, 2, 6, 27, 89 y 179 días) en la resistencia a compresión a largo plazo, con cementos portland con adición de puzolana, manteniendo constante relación agua/cemento.

Evolución de la resistencia a compresión en función al tiempo de curado para hormigones elaborados con cementos IP, disponibles en la ciudad de La Paz, *Proyecto de Grado Ingeniería Civil Universidad Mayor de San Andrés 2023. Marquez Erik, Sanchez Gabriel, Solares Jose, Cerruto Fernando, Castro Adolfo.*

En este proyecto de grado se realizaron probetas cilíndricas de 10 (cm) de diámetro y 20 (cm) de altura, que fueron curadas en condiciones normalizadas, luego sometidas al ensayo de compresión, con los resultados de este proyecto de grado se puede realizar una comparación aproximada de resistencia a compresión, puesto que se emplea mismo tipo de cemento.

1.3.2 Investigaciones Internacionales

Influencia del Tiempo de Curado Húmedo en la Resistencia y Durabilidad del Concreto en Clima Tropical, *Concreto y Cemento. Investigación y desarrollo 2013. (Universidad Autónoma de Yucatán – México).*

Este estudio tuvo como objetivo determinar la influencia en el curado húmedo del concreto, tanto desde el punto de vista de su resistencia mecánica, como desde el punto de vista de su durabilidad bajo un contexto de clima de sabana tropical y con utilización de agregados calizos de alta absorción. Se fabricaron probetas con relación agua cemento de 0.5 y fueron sujetas a diferentes lapsos de curado húmedo. Los resultados mostraron poca influencia del curado en la resistencia a compresión, y alta influencia en la permeabilidad del material, por lo que se concluyó que, en condiciones agresivas de exposición, el material debe ser siempre curado para mantenerlo curable, además de ser resistente.

Evaluación de los Efectos del Curado Interno del Concreto, *Sergio David Rodríguez Torrez 2016.*

Menciona que los diferentes medios de curado varían ampliamente dependiendo de las condiciones en el sitio, tamaño, forma y posición del hormigón en cuestión.

En el caso de elementos de hormigón superficie/volumen pequeño, parte del curado puede ser ejecutado con el humedecimiento de los moldes antes de utilizarlos. El hormigón puede ser

dejado en el molde durante algún tiempo y si el material es apropiado, se puede humedecer durante el endurecimiento. Si se retira del molde a una edad temprana, el hormigón debe ser rociado y envuelto con láminas de polietileno u otra cubierta adecuada.

Esta investigación es una mezcla clara que el curado es importante, puesto que de manera directa se relaciona con alguna propiedad del hormigón como ser módulo de elasticidad y resistencia del hormigón.

Influencia del Curado en la Resistencia a Compresión del Hormigón, *Licia Garin, Adrian Santilli y Eduardo Pejoja.*

En el estudio experimental se presenta una comprobación sobre la influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón. El estudio consiste en ensayar probetas provenientes de una misma mezcla de hormigón, pero sometidos a condiciones de humedad de curado distintas (100% y 50% de humedad). Las comprobaciones también fueron realizadas para diferentes dosificaciones. Por ejemplo, las mayores diferencias en la resistencia a compresión del hormigón, sometidos a diferentes condiciones de curado, fueron obtenidas para las menores relaciones de agua/cemento.

En el artículo también indica que cuando el hormigón saturado de agua entra en contacto con la atmosfera seca tiene lugar una retracción debida al gradiente de humedades interior – exterior, el cual genera una pérdida de volumen en la estructura causada por una evaporación del agua de amasado más rápida que la exudación en la superficie del hormigón fresco, lo cual marca la importancia del curado. Al aumentar la humedad relativa del ambiente la retracción decrece. Está relacionado con el proyecto de grado debido que en el curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales en obra la humedad y la temperatura no son controladas.

Capítulo 2 Objetivos y Alcance

2.1 Objetivo General

Conocer la evolución de la resistencia a compresión del hormigón en función al tiempo de curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales en obra (tres y seis riegos por día), para hormigones preparados con un tipo de cemento portland IP-40 con adición de puzolana disponible en la ciudad de La Paz.

2.2 Objetivos Específicos

- Dosificar hormigones con tres consumos de cemento diferentes, utilizando un tipo de cemento disponible en la ciudad de La Paz.
- Curar probetas cilíndricas de hormigón, a las edades de: 0, 3, 5 y 14 días mediante el método curado intermitente tradicional en Obra.
- Ensayar las probetas descritas en el anterior punto a compresión a las edades de 7 y 28 días.
- Graficar las curvas de comportamiento resistencia vs edad.
- Plantear un modelo matemático que describa el comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón en el tiempo.
- Determinar en base a resultados si el tiempo curado intermitente tradicional en obra es suficiente para alcanzar el porcentaje óptimo de la resistencia a compresión del hormigón.
- Realizar un análisis de costos

2.3 Alcance

- Se busca conocer la influencia del tiempo de curado intermitente tradicional en obra sobre la resistencia a compresión del hormigón y tres consumos de cemento (300, 400, 500 kg/m³H°). A continuación, se detalla el tipo de cemento para todo el proyecto:

Fabrica: ECEBOL Tipo de cemento: ECEBOL IP-40

- Se empleó un único método para la dosificación de las mezclas de hormigón basado en los procedimientos de American Concrete Institute ACI -211.1.
- Se realizó dosificaciones, para los tres consumos de cemento (300, 400 y 500 kg/m³H°), y para cada consumo se tuvieron tres replicas cuyo propósito era corroborar la variación de los resultados obtenidos en la resistencia a compresión.
- La relación agua/cemento y el asentamiento son constantes para todas las dosificaciones.
- El agregado grueso y fino que se utilizó para la elaboración del hormigón tiene procedencia de la planta SOBOCE.
- El agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de ¾ y del agregado fino el tamaño máximo nominal es N°4.
- El agua empleada para la elaboración y curado del hormigón es potable y proveniente de la zona sur de La Paz.
- Los ensayos se realizaron de acuerdo a las normas ASTM Internacional (American Society for Testing and materials):

Tabla 1

Ensayos realizados en el proyecto

Descripción	Norma
Agregados:	
Análisis granulométrico	ASTM C-136
Peso específico	ASTM C-127, ASTM C-128
Peso unitario	ASTM C-29
Hormigón Fresco:	
Cono de Abrams	ASTM C-143
Peso unitario	ASTM C-138
Elaboración de probetas	ASTM C-31
Hormigón Endurecido:	
Curado de especímenes	ASTM C-192
Resistencia a compresión	ASTM C-39
Peso unitario	ASTM C-642
Moldes:	
Fabricación de los moldes	ASTM C-470

Nota. En la tabla se muestra los ensayos realizados para el proyecto con su respectiva normativa.

- Los resultados del hormigón endurecido permiten la elaboración de:
 - Curvas de comportamiento resistencia vs edad.
 - Un modelo matemático para la estimación del tiempo de curado adecuado para alcanzar una resistencia optima de la resistencia a compresión. Si el método de curado intermitente tradicional en obra es suficiente.



Capítulo 3 Marco Teórico

3.1 El Hormigón

Es hormigón, tal como se conoce, es un material de construcción constituido básicamente por **agregados** (Arena y Grava), de tamaño máximo limitado, que cumple ciertas condiciones en cuanto a sus resistencias mecánicas, químicas y granulométricas, unidas por una pasta aglomerante formada por un conglomerante (**cemento**) y **agua** (Canovas, 1999).

Actualmente este material es el más utilizado en la industria de la construcción de obras civiles, por ende, ha sido objeto de numerosas investigaciones, producto de éstas se puede mejorar muchas de sus propiedades físicas como mecánicas, como por ejemplo la incorporación de aditivos.

3.1.1 Cemento

Son conglomerantes hidráulicos, o sea materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finalmente molidos y convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen tanto al aire como bajo agua, a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo el agua (NB 011, 2012).

Químicamente, el cemento portland está formado por silicatos bicálcico y tricálcico, aluminato tricálcico, ferro aluminato tetracálcico u otros ferroaluminatos, más otros compuestos residuales como el anhídrido sulfúrico, la cal viva libre, la magnesia y el óxido de hierro.

En Bolivia se dispone de cemento portland con adición de puzolana. Las puzolanas son utilizadas para mejorar la durabilidad del hormigón aumentando su resistencia a los agentes agresivos, mejorando su trabajabilidad, disminuyendo su permeabilidad y reduciendo costos. Disminuyen las propensiones a las reacciones álcali-agregado y el calor de hidratación. Dan resistencias iniciales menores a las de los cementos sin puzolana, aunque a largo plazo las igualan, pero pueden reducir el agua de amasado por mejorar la trabajabilidad. La norma Bolivia NB 011

(aprobada en su última revisión en septiembre de 2012) limita el contenido de puzolana para los cementos portland puzolánicos (IP) hasta un máximo 40 %, si contiene más puzolana, los cementos se denominan puzolánicos (P).

Tabla 2

Componentes principales del Clinker portland

Nombre	Composición	Fórmula abreviada	Nombre del mineral
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	SC ₃	Alita
Silicato Bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	SC ₂	Belita
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	AC ₃	
Ferro-Aluminato Tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	FAC ₄	Celita

Nota. En la tabla se muestra la composición química de los componentes del clinker. Tomado de *Canovas* (p.22), 1999.

3.1.2 Agua

El agua es el segundo componente del hormigón, empleándose en el amasado del mismo y en su curado.

El agua de amasado se le añade en la hormigonera, junto con los demás componentes del hormigón, tiene las siguientes misiones: una primera, de hidratación de los componentes activos del cemento; una segunda, de actuar como lubricante haciendo posible que la masa fresca sea trabajable y, una tercera, de creadora de espacio en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento (Canovas,1999).

El agua requerida para la hidratación debe cumplir con la norma NB 637.

Con respecto al curado del hormigón, las aguas adecuadas para el amasado lo son también para el curado.

3.1.3 Agregados

Los agregados que entran en la composición del hormigón son materiales granulares inertes, de naturaleza inorgánica, alguna vez orgánica, y de procedencia natural o artificial que

contribuye a la estabilidad de volumen, resistencias y economía de los morteros y hormigones (Canovas,1999).

Aunque no toman parte del fraguado y endurecimiento del hormigón, los áridos desempeñan un papel económico y técnico muy importante en las características de este material. Aproximadamente el 80% del volumen del hormigón, es ocupado por los áridos siendo el resto la pasta de cemento que rellena los huecos entre ellos y que crea una capa que envolviendo a los gránulos los mantiene unidos.

Los agregados deben cumplir: Agregado de peso normal; ASTM C33M, NB 594, NB 596 y agregados livianos; ASTM C330M.

3.2 Fraguado y Endurecimiento del Hormigón

El cemento endurece al ser mezclado con agua por la hidratación de los silicatos y aluminatos, formando cristales de hidróxido de calcio y silicatos y aluminatos cálcicos hidratados.

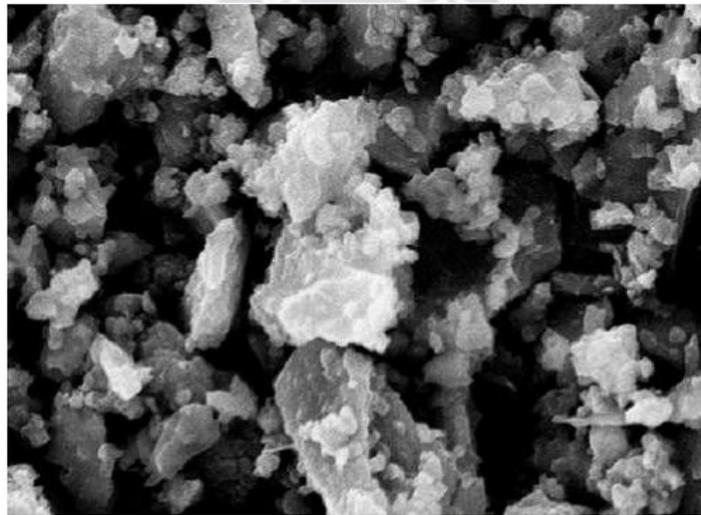
Una vez que el cemento ha sido mezclado con el agua, se presenta un periodo en el que la mezcla se encuentra en estado plástico. Este periodo puede ser más o menos prolongado en función de la composición química de cemento, las condiciones ambientales, etc. Generalmente dura unas pocas horas. Durante esta etapa se aprovecha la plasticidad (trabajabilidad) de la mezcla para colocarla en el sitio donde se pretende que preste servicios: moldes, encofrados, etc. Posteriormente en el proceso de petrificación del cemento, se distingue el fraguado que es la pérdida de la plasticidad (proceso de rigidización) y luego el endurecimiento que es la adquisición de resistencia de la pasta fraguada. El fraguado suele durar también unas pocas horas, en tanto que el endurecimiento puede durar mucho tiempo, incluso varios años en la medida en que queden partículas de cemento sin hidratar.

La reacción cemento agua incluye procesos tanto físicos como químicos (Taylor,1997). A medida que continua el proceso de hidratación, la fuerza de los enlaces entre partículas aumenta y la porosidad entre partículas disminuye. La Figura 1 muestra partículas de cemento portland sin hidratar observadas a través de un microscopio electrónico. A diferencia de la Figura 1, la Figura

2 muestra el desarrollo de productos de hidratación y enlaces entre partículas en un cemento parcialmente hidratado. La Figura 3 muestra una sola partícula de cemento portland parcialmente hidratado. La superficie de la partícula está cubierta con los productos de hidratación densamente empaquetada y orientada al azar conocida como gel de cemento en la hidratación, se requiere agua para la formación química de los productos de gel y para llenar los microporos que se desarrollan entre los productos de gel a medida que se forman (ACI 308,2008).

Figura 1

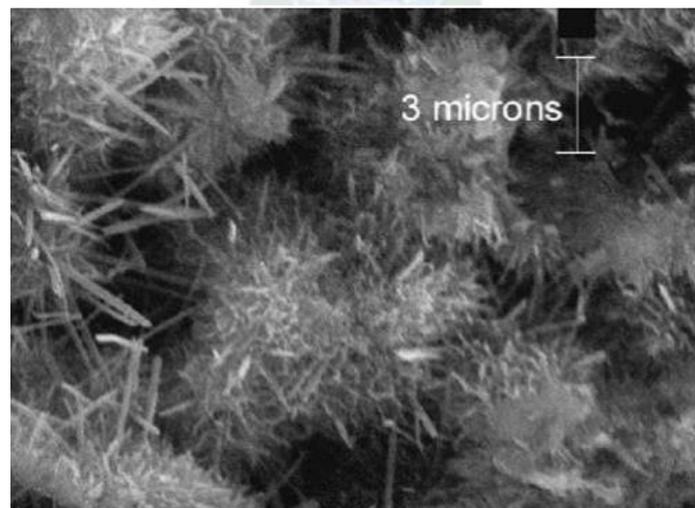
Partículas no hidratadas de cemento portland, aumento 2000×.



Nota. En la imagen se muestra partículas de cemento portland sin hidratar observadas a través de un microscopio electrónico. Tomado de *ACI 308R-01*(p.3), 2008.

Figura 2

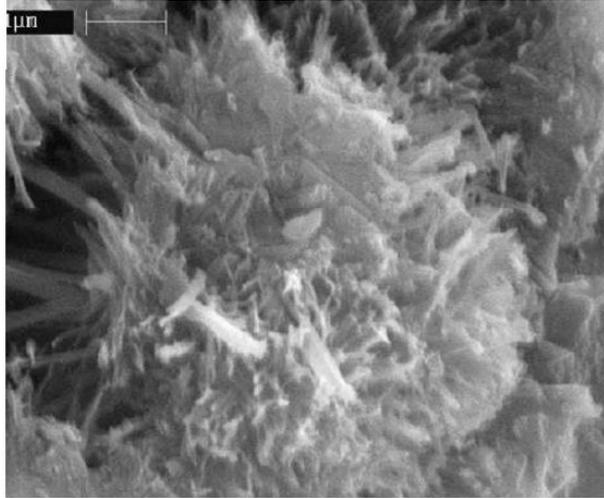
Múltiples partículas de cemento portland parcialmente hidratado, aumento 4000×.



Nota. En la imagen se muestra el desarrollo de productos de hidratación y enlaces entre partículas en un cemento parcialmente hidratado. Tomado de *ACI 308R-01*(p.3), 2008.

Figura 3

Primer plano de una sola partícula de cemento hidratado, aumento 11000x.



Nota. En la imagen se muestra una sola partícula de cemento portland parcialmente hidratado. Tomado de *ACI 308R-01*(p.3), 2008.

3.3 Curado del Hormigón

Para conseguir un buen hormigón con las propiedades deseadas, hay que curarlo en un ambiente adecuado después de ponerlo en obra y al menos durante los primeros días de su vida (Canovas,1999, p. 327).

El hormigón recién colocado en obra y compactado tiene que ser curado y protegido para:

- Hacer mínima la retracción plástica.
- Evitar fisuración por retracción.
- Asegurar una resistencia superficial adecuada.
- Evitar su helada.
- Evitar daños por vibraciones, impacto y otros.

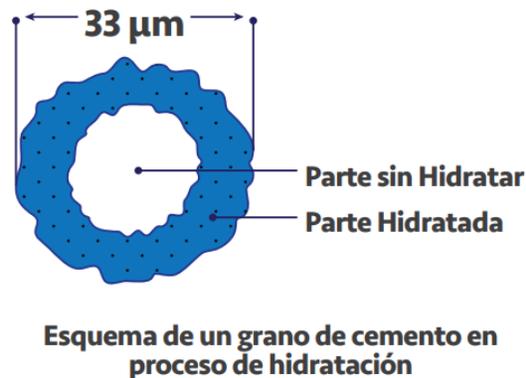
3.3.1 Importancia del Curado en la Hidratación del Cemento

El curado del hormigón tiene por finalidad impedir la pérdida por evaporación de agua y controlar la temperatura del mismo durante el proceso inicial de hidratación de los componentes activos del cemento.

En un fin último del curado es lograr que el espacio lleno por el agua, en la pasta fresca, sea ocupado por los productos hidratados del cemento, es decir, que se produzca la hidratación en los capilares de ésta, para lo cual habrá que impedir que el agua se escape o sustituir la que se haya perdido por evaporación mediante agua externa (Canovas,1999, p. 327).

Figura 4

Hidratación de la partícula de cemento.



Nota. En la imagen se muestra como el cemento a pesar de tener un grano muy pequeño, no se hidrata totalmente, sino que comienza desde la parte externa hacia el interior, quedando un núcleo que no reacciona desaprovechando su potencial. Tomado de *EUCLID CROUP TOXEMENT* (p. 2), 2016.

Es imposible, en la práctica, conseguir que todo el cemento se hidrate; no obstante, la calidad de un hormigón depende mucho de la relación gel/espacio en la pasta y así, si el espacio ocupado por el agua en el hormigón fresco es superior al de los geles, la hidratación podrá continuar, mejorando la resistencia y la impermeabilidad de éste (Canovas,1999, p. 328).

3.3.2 Métodos y Materiales para el Curado (ACI 308R-01)

Existen diversos materiales, métodos y procedimientos para el curado del concreto, pero los principios son los mismos: garantizar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de humedad y temperatura para que se desarrollen las propiedades deseadas.

3.3.2.1 Curado con Agua

Cuando se elige una aplicación de agua se debe estudiar la economía del método particular que se usará en cada obra, puesto que la disponibilidad de agua, mano de obra, materiales de curado y otros factores, influirán en el costo.

A continuación, se describen varios métodos de curado con agua

- **Anegamiento o inmersión.** Aunque se emplea muy rara vez, el método más completo de curado consiste en la inmersión total en agua de la unidad de hormigón ya terminada.
- **Rociado de niebla o aspersión.** Cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación, el rociado de niebla o aspersión mediante boquillas o aspersores proporcionan un curado excelente.
- **Costales, mantas de algodón y alfombras.** Los costales, mantas de algodón, alfombras y otras cubiertas de material absorbente retendrán agua sobre la superficie de concreto sea ésta horizontal o vertical.
- **Curado con tierra.** El curado con tierra mojada se ha empleado con éxito, especialmente en trabajos comparativamente más pequeñas de losas o piso.
- **Arena y aserrín.** Arena limpia y el aserrín mojado se emplean para el curado de la misma manera que la tierra.
- **Paja o heno.** La paja o heno mojados se puede emplear, pero se corre el riesgo de que el viento los levante, a menos que se cubra con telas de alambre, costales u otro material.

3.3.2.2 Materiales Selladores

Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el hormigón para reducir la pérdida de agua por evaporación.

- **Película plástica.** La película plástica es de peso ligero y está disponible en hojas transparentes, blancas o negras.
- **Papel impermeable.** El papel impermeable está compuesto de dos hojas de papel kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras.

- **Compuestos líquidos para formar membranas de curado.** Estos compuestos consisten esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a temperatura atmosférica. Su fórmula debe ser tal, que ayude a formar una película que renga la humedad poco después de aplicarse, y no ser perjudiciales para la pasta de cemento portland.

3.3.2.3 Protección y Curado en Clima Frío

En clima frío el hormigón se debe curar y proteger contra la congelación. Aunque no es probable que el compuesto expuesto a bajas temperaturas seque con rapidez indeseable, se debe tener un especial cuidado en mantener una humedad satisfactoria en el hormigón.

3.3.2.4 Curado en Clima Cálido

Puesto que la temperatura elevada provoca un rápido secado del hormigón, la protección y el curado son muy importante. Cuando se emplee el curado con agua este debe ser continuo para evitar cambios de volumen debido al humedecimiento y secado alternativos.

3.3.2.5 Curado con Vapor a Alta Presión

Este procedimiento de curado se emplea en la producción de algunas de mampostería de hormigón.

3.3.2.6 Curado con Vapor a Baja Presión (o a Presión Atmosférica)

El curado con vapor a presión atmosférica se emplea comúnmente en la fabricación de productos de hormigón para acelerar el desarrollo de resistencia temprana.

3.3.3 Curado Intermitente en Nuestro Medio

Este tipo de curado es muy aplicado en nuestro medio, que consiste en el riego con agua, generalmente realizando 3 riegos por día (en la mañana, a medio día y por la tarde) en los primeros días del hormigón endurecido. Este tipo de curado no es recomendable debido que el elemento de hormigón no está permanentemente en contacto con el agua curado.

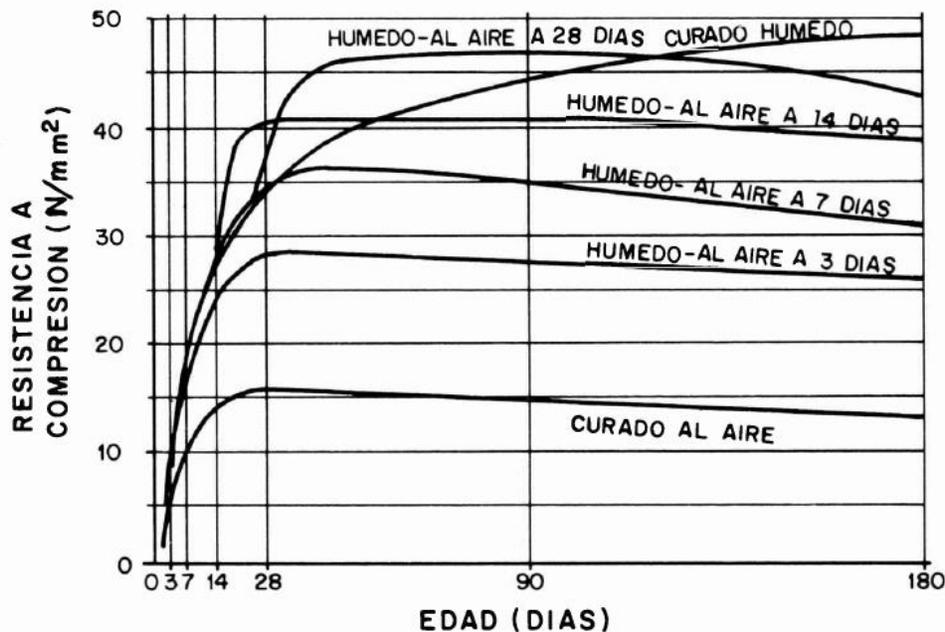
3.4 Efectos del Tiempo de Curado sobre la Resistencia a Compresión del Hormigón

La literatura sobre procedimientos constructivos y tecnología hormigón realizan las virtudes del curado como una forma de obtener la mayor resistencia a la compresión en el hormigón, parámetro universalmente aceptado para evaluar la calidad del material.

Al respecto el experimento reportado por Gonnerman y Shuman en 1928 ha sido citado como referencia por muchos autores. Los resultados de su trabajo sobre la influencia el curado húmedo en la resistencia a la compresión del hormigón sea presentado tradicionalmente en forma gráfica (figura 5). Las pruebas fueron realizadas utilizando hormigón con una relación agua/cemento (a/c) de 0.5 y especímenes cilíndricos de 15cm de diámetro y 30cm de altura. En esta grafica se muestra hormigones que tuvieron como factor variable el tiempo que pasaron en condiciones de saturación antes de ser expuestos al aire (e iniciar su proceso de secado); con fines didácticos esta grafica es impactante, ya que muestra un contraste notable entre las resistencias que obtuvieron al variar el tiempo del curado húmedo (Carcaño y Moreno, 2005, p. 7).

Figura 5

Influencia de curados diferentes sobre las resistencias a compresión del hormigón.



Nota. En la imagen se muestra la evolución de las resistencias a compresión en función de la edad para un hormigón de relación a/c de 0.5 y según W. H. Price a esta sometido a diferentes tiempos de curado en agua o a un curado al aire. Tomado de *Canovas* (p. 328), 1999.

3.5 Influencia en la Relación Agua/Cemento en la Necesidad de Curar

Durante las reacciones de hidratación del cemento los poros inicialmente llenos de agua en la pasta de cemento fresca se van llenando con los productos de hidratación; sin embargo, el grado con los que estos poros se van llenando, no solo depende de las facilidades para que el cemento se hidrate si no también del volumen inicial de la pasta, el cual está en función de la relación agua/cemento.

Las pastas con una baja a/c tienen una baja porosidad inicial y por lo tanto requieren un reducido grado de hidratación para alcanzar un nivel alto de poros llenos de productos de hidratación. Además, con relación a/c bajas se vuelve imperativo reaprovisionar agua al concreto por medio del curado ya que la autodesecación hace que el agua de mezclado resulte insuficiente para mantener los capilares llenos de agua. Sin embargo, en estos casos la baja porosidad de la pasta, también, es un factor que hace impermeable al hormigón y no facilita la penetración del agua del curado al interior del hormigón, así como tampoco su evaporación.

En general, los hormigones con relación a/c altas serán los que se vean más afectados por la falta de curado debido a la gran red de poros que contienen, lo cual facilitará que la humedad de los capilares se evapore; y, por otro lado, dejarán grandes accesos a los agentes ambientales por lo que su pronóstico de durabilidad será negativo.

3.6 Protección del Hormigón

La protección constituye una prevención contra:

- El lavado por la lluvia y el agua en general.
- Un enfriamiento rápido durante los primeros días después de la colocación del hormigón.
- Gradientes de temperatura elevados.
- La existencia o aparición de bajas temperaturas o heladas.
- Las vibraciones o impactos que pueden alterar al hormigón o a la adherencia del mismo contra la armadura.

La protección contra el frío y las heladas es una acción que se aparta del curado en húmedo mucho más conocido y al cual puede complementar o sustituir en climas severos.

La protección de las superficies de un hormigón joven contra el frío puede lograrse por medio de materiales aislantes que las cubran o mediante la colocación temporal de cubiertas que, incluso, pueden llevar un sistema de calefacción interna. La elección del método depende las circunstancias y del volumen de hormigón a colocar.

El hormigón requiere protección durante las primeras horas de su puesta en obra para lograr que la cantidad de calor desarrollada en la hidratación del cemento sea suficiente para compensar las pérdidas originadas por el frío; esta compensación no ocurre, en circunstancias normales, hasta aproximadamente 24 horas después de la colocación.

El costo de una buena protección contra el frío no es excesivo si se consideran los beneficios que de ella se obtienen. Hay que tener presente que el conseguir una buena resistencia a compresión a 28 días no es una condición tranquilizante si la estructura presenta esquinas heladas, zonas deshidratadas o fisuración resultante de una protección inadecuada o de un curado insuficiente

La protección de grandes superficies realizada con paja bien extendida da lugar a una protección adecuada si las temperaturas no son muy bajas. Igualmente, la colocación de sacos de yute o de papel, de los que se emplean en el embazado de cemento, pueden ser una protección suficiente con estas mismas temperaturas. Modernamente se recurre al empleo de hojas de polietileno que deben colocarse separadas de la superficie que protegen por medio de separadores a fin de que se forme una cámara de aire de por lo menos 3 centímetros de espesor.

Para temperaturas severas se emplean cobertizos de lona, o de material plástico, con calefacción interior conseguida por medio de vapor libre o circulante por serpentines.

El hormigón debe protegerse en su fase de endurecimiento frente a los efectos nocivos originados por deformaciones internas o externas provocadas por el calor generado en la hidratación del cemento.

Cuando la falta de fisuración sea una condición impuesta, se tomará medidas adecuadas que aseguren que las tracciones producidas por diferencias térmicas son inferiores a la resistencia a tracción instantánea del hormigón, para evitar las fisuraciones superficiales que pueda producir el calor generado en el hormigón en condiciones normales, la diferencia de temperatura entre el centro y la superficie de la pieza será inferior a 20°C.

3.7 Herramientas Estadísticas

3.7.1 *Depuración de Datos Atípicos*

Una observación atípica o valor atípica es aquella que parece desviarse notablemente de otros miembros de la muestra en la que ocurre. En este sentido, son de interés las dos alternativas siguientes:

Alternativa 1. Una observación atípica puede ser simplemente una manifestación extrema de la variabilidad aleatoria inherente a los datos. Si esto es cierto, el valor debe conservarse y procesarse de la misma manera que las demás observaciones de la muestra.

Alternativa 2. Por otra parte, una observación atípica puede ser el resultado de una desviación grave del procedimiento experimental prescrito o de un error al calcular o registrar el valor numérico.

La prueba estadística siempre puede usarse para respaldar un juicio de que realmente existe una razón física para un valor atípico, o el criterio estadístico puede usarse como una base para iniciar acciones para encontrar una causa física.

La prueba estadística a emplear, para el descarte o aceptación es la prueba de **Grubbs**.

Este método fue planteado por Frank E. Grubbs, en el año 1969. El procedimiento de la prueba Grubbs es la siguiente:

Paso 1: Ordenar los valores ascendentemente $X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n$.

Paso 2: Decidir si X_1 o X_n es un valor sospechoso.

Paso 3: Calcular el promedio \bar{X} y la desviación S del conjunto de datos.

Paso 4: Se calcula G_n si se considera sospechoso el primer valor o el último valor.

$$\text{Si: } X_l \text{ es sospechoso } G_n = \frac{\bar{X} - X_l}{S}$$

$$\text{Si: } X_n \text{ es sospechoso } G_n = \frac{X_n - \bar{X}}{S}$$

Paso 5: Escoger el nivel de confianza para la prueba y calcular G_n y compararlo con el valor correspondiente, de acuerdo con una tabla de valores críticos. La tabla está disponible en *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations* (ASTM E 178-02). Si el valor de G_n que valor crítico, se dice que es un dato sospechoso.

3.7.2 Prueba de Homocedasticidad

La hipótesis de igualdad de varianzas de las muestras (homocedasticidad) es fundamental, puesto todo análisis de varianza (ANOVA) está basado en la hipótesis de homocedasticidad.

Puesto que siempre se presentan diferencias entre las varianzas de las muestras estudiadas, es preciso mantener esas diferencias tan pequeñas como sea posible y comprobar mediante estadígrafos que dichas diferencias se mantengan en límites estadísticamente aceptables; el estadígrafo empleado en nuestro caso es llamado Coeficiente de Cochran.

La prueba de Cochran es especialmente útil para detectar si alguna de las varianzas es mucho mayor que las demás. El estadístico que se emplea es:

$$G_c = \frac{S_i^2 \text{ más grande}}{\sum_{i=1}^k S_i^2}$$

Se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas si $G_c > G_{\alpha}$, donde el valor de G_{α} se obtiene de tablas. La tabla está disponible en *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Walpole y Myers, 2012)

3.7.3 Análisis de Varianza de Dos Factores

Al presentar las fórmulas generales para el análisis de varianza de un experimento de 2 factores utilizando observaciones repetidas en un diseño completamente aleatorizado, debe considerarse el caso de n réplicas de las combinaciones del tratamiento, determinadas por a niveles del factor A y b niveles del factor B . las observaciones se podrían clasificar usando un arreglo

rectangular, donde renglones representan los niveles del factor A y las columnas representan los niveles del factor B . Cada combinación de tratamiento define una celda del arreglo. Así, se tiene ab celdas, cada una de las cuales contiene n observaciones. Se denota con y_{ijk} la k -ésima observación tomada en el i -ésimo nivel del factor A y el j -ésimo nivel del factor B .

Tabla 3

Experimento de dos factores con n réplicas

A	B				Total	Media
	1	2	...	b		
1	y_{111}	y_{121}	...	y_{1b1}	$Y_{1..}$	$\bar{y}_{1..}$
	y_{112}	y_{122}	...	y_{1b2}		
	⋮	⋮		⋮		
	y_{11n}	y_{12n}	...	y_{1bn}		
2	y_{211}	y_{221}	...	y_{2b1}	$Y_{2..}$	$\bar{y}_{2..}$
	y_{212}	y_{222}	...	y_{2b2}		
	⋮	⋮		⋮		
	y_{21n}	y_{22n}	...	y_{2bn}		
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	
a	y_{a11}	y_{a21}	...	y_{ab1}	$Y_{a..}$	$\bar{y}_{a..}$
	y_{a12}	y_{a22}	...	y_{ab2}		
	⋮	⋮		⋮		
	y_{a1n}	y_{a2n}	...	y_{abn}		
Total	$Y_{.1.}$	$Y_{.2.}$...	$Y_{.b.}$	$Y_{...}$	
Media	$\bar{y}_{.1.}$	$\bar{y}_{.2.}$...	$\bar{y}_{.b.}$	$\bar{y}_{...}$	

Nota. En la tabla se muestra dos datos de partida para realizar análisis de varianza para el experimento de dos factores de n variables. Tomado de *Walpole y Myers* (p.565), 2012.

Las observaciones en la celda (ij) -ésima constituyen una muestra aleatoria de tamaño n de una población que se supone que tiene distribución normal con media μ_{ij} y varianza σ^2 . Se supone que todas las ab poblaciones tienen la misma varianza σ^2 . Se definen los siguientes útiles, alguno de los cuales se utilizan en la anterior tabla.

Y_{ij} = suma de las observaciones en la (ij) -ésima celda,

$Y_{i.}$ = suma de las observaciones para el i -ésimo nivel del factor A ,

$Y_{.j}$ = suma de las observaciones para el j -ésimo nivel del factor B ,

$Y_{...}$ = suma de todas las abn observaciones,

\bar{y}_{ij} = media de las observaciones en la (ij) -ésima celda,

$\bar{y}_{i.}$ = media de las observaciones para el i -ésimo nivel del factor A ,

\bar{y}_j : media de las observaciones para el j -ésimo nivel del factor B ,

$\bar{y}_{..}$: media de todas las abn observaciones.

3.7.3.1 Modelo e Hipótesis para el Problema de Dos Factores

Cada observación se puede escribir en la siguiente forma:

$$y_{ijk} = \mu_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde ϵ_{ijk} mide las desviaciones de los valores y_{ijk} observando en la (ij) -ésima celda a partir de la media de la población μ_{ij} . Si $(\alpha\beta)_{ij}$ denota el efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A , y el j -ésimo nivel del factor B , α_i el efecto del i -ésimo del factor A , β_j el efecto del j -ésimo nivel del factor B , y μ la media conjunta, escribimos.

$$\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij}$$

Y, entonces,

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

A las que imponen las restricciones

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0, \quad \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = 0, \quad \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0.$$

Las 3 hipótesis a probar son las siguientes:

1. $H'_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0,$

H'_1 : Al menos una de las α_i no es igual a 0.

2. $H''_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0,$

H''_1 : Al menos una de las β_j no es igual a 0.

3. $H'''_0: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0,$

H'''_1 : Al menos una de las $(\alpha\beta)_{ij}$ no es igual a 0.

Se recomienda considerar primero el resultado de la prueba de interacción y, luego, la interacción de la prueba del efecto principal; la naturaleza de la conclusión científica depende de si se encontró interacción. Si esto se descarta, entonces se pueden probar las hipótesis 1 y 2 y la

interpretación es muy sencilla. Sin embargo, si se descubre que hay interacción la interpretación puede ser más complicada. La estructura de la hipótesis 1, 2 y 3 se estudiará en las secciones siguientes.

Las pruebas en las hipótesis anteriores se basarán en la comparación de estimados independientes de σ^2 , obtenidos al separar la suma de cuadrados total de los datos en 4 componentes mediante la siguiente identidad.

3.7.3.2 Partición de la Variabilidad en el Caso de dos Factores

Simbólicamente, la identidad de la suma de cuadrados se escribe como

$$SCT = SCA + SCB + SC(AB) + SCE$$

Donde a SCA y SCB se les denomina la suma de cuadrados para los efectos principales A y B , respectivamente, $SC(AB)$ recibe el nombre de suma de cuadrados de la interacción para A y B , y SCE en la suma de cuadrados del error.

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2$$

$$SCA = bn \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2$$

$$SCB = an \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2$$

$$SC(AB) = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2$$

$$SCE = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$$

La partición de los grados de libertad se efectúa de acuerdo con la identidad.

$$abn-1 = (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(n-1)$$

3.7.3.3 Formación de los cuadrados medios

Si dividimos cada una de las sumas de cuadrados en el lado derecho de la identidad de la suma de cuadrados entre su número correspondiente de los grados de libertad, obtenemos los cuatro estadísticos.

$$S_1^2 = \frac{SCA}{a-1}, \quad S_2^2 = \frac{SCB}{b-1}, \quad S_3^2 = \frac{SC(AB)}{(a-1)(b-1)}, \quad S^2 = \frac{SCE}{ab(n-1)}$$

- **Prueba F para el factor A .**

$$f_1 = \frac{S_1^2}{S^2},$$

Que es un valor de la variable aleatoria F_1 en cual tiene una distribución F con $a-1$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H'_0 , es verdadera. La hipótesis se rechaza al nivel de significancia α cuando $f_1 > f_{\alpha}[a-1, ab(n-1)]$.

- **Prueba F para el factor B .**

$$f_2 = \frac{S_2^2}{S^2},$$

Que es un valor de la variable aleatoria F_2 en cual tiene una distribución F con $b-1$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H''_0 , es verdadera. La hipótesis se rechaza al nivel de significancia α cuando $f_2 > f_{\alpha}[b-1, ab(n-1)]$.

- **Prueba F para la interacción.**

$$f_3 = \frac{S_3^2}{S^2},$$

Que es un valor de la variable aleatoria F_3 en cual tiene una distribución F con $(a-1)(b-1)$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H'''_0 , es verdadera. Concluimos que, a un nivel de significancia α , hay interacción cuando $f_3 > f_{\alpha}[(a-1)(b-1), ab(n-1)]$.

Se recomienda interpretar la prueba para la interacción antes de tratar de hacer inferencias sobre los efectos principales. Si la interacción no es significativa, entonces hay evidencia de que

las pruebas sobre los efectos principales son interpretables. El rechazo de la hipótesis 1 implica que las medias de la respuesta en los niveles del factor A difieren significativamente, mientras que el rechazo de la hipótesis 2 implica una condición similar para las medias en los niveles del factor B . Sin embargo, una interacción significativa podría muy bien implicar que los datos se deberían analizar de una manera un poco diferente, **quizá observado el efecto del factor A en niveles fijos del factor B** , y así sucesivamente.

Los cálculos en un problema de análisis de varianza para un experimento de factores con n replicas suelen resumirse como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con n réplicas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	f calculada
Efecto principal				
A	SCA	$a - 1$	$s_1^2 = \frac{SCA}{a-1}$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2}$
B	SCB	$b - 1$	$s_2^2 = \frac{SCB}{b-1}$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2}$
Interacciones de 2 factores				
AB	$SC(AB)$	$(a - 1)(b - 1)$	$s_3^2 = \frac{SC(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$f_3 = \frac{s_3^2}{s^2}$
Error	SCE	$ab(n - 1)$	$s^2 = \frac{SCE}{ab(n-1)}$	
Total	STC	$abn - 1$		

Nota. En la tabla se muestra el procedimiento para realizar de varianza para un experimento de dos factores con n replicas. Tomado de *Walpole y Myers* (p.565), 2012.

3.7.4 Comparaciones Pareadas

Es de interés estudiar donde existe la diferencia, del tiempo de curado y edad de rotura en la resistencia a compresión del hormigón, y cuál de las resistencias medias son iguales y cuales diferentes, para este propósito se emplea la prueba de Duncan.

3.7.4.1 Prueba de Duncan

Procedimiento de Duncan o prueba de Duncan de rango múltiple. Este procedimiento también se basa en el procedimiento del rango estudentizado. El rango de cualquier subconjunto de p medias muestrales debe exceder cierto valor antes de que se encuentre que cualquiera de las

p medias es diferente. Este valor recibe el nombre de **rango de menor significancia** para las p medias, y se denota por R_p , donde

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

Los valores de la cantidad r_p , llamado **rango estudentizado de menor significancia**, depende del nivel de significancia deseado y del número de grados de libertad del cuadrado medio del error. Estos valores se obtienen de la tabla A.13 para $p = 2, 3, \dots, 10$ medias. La tabla A.13 está disponible en *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Walpole y Myers, 2012).

3.7.5 Determinación del Modelo Matemático

Como uno de los objetivos es la búsqueda del modelo matemático, que nos muestre el comportamiento de la resistencia a compresión del hormigón en cualquier instante del tiempo. Este modelo matemático tendrá una validez de carácter referencial, pues está determinado para hormigones elaborados en laboratorio, vale decir en condiciones controladas, además manteniendo invariables factores muy importante que inciden en la resistencia a compresión del hormigón y en su evolución en el tiempo (cantidad de cemento, tipo de agregado, relación agua/cemento, etc).

3.8 Obtención de las Resistencias Estimadas Características

Cuando el número de muestras (replicas) es menor a 30 se usará el método siguiente:

Ordenado de menor a mayor los resultados de la resistencia de las N muestras, en la forma:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

Se define como resistencia estimada, la deducida aplicando las siguientes expresiones:

Si $N < 6$ entonces:

$$f'_{c,est} = K_N x_1$$

Si $N \geq 6$ entonces:

$$f'_{c,est} = 2 \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m \geq K_N x_1$$

donde:

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

K_N = coeficiente dado en la siguiente tabla, en función N y el tipo de instalaciones en el que se fabrica el hormigón.

x_1 = resistencia de la muestra menos resistente.

N = número de muestras.

$m = N/2$ si N es par ó $(N-1)/2$ si n es impar.

Tabla 5

Valores del coeficiente K_N

Uniformidad del hormigón		Excelente	Buena	Regular	Mala
Desviación cuadrática media relativa (δ)		0,10	0,15	0,20	0,25
Número de muestras (N)	1	0,836	0,753	0,671	0,589
	2	0,884	0,820	0,753	0,682
	3	0,910	0,859	0,803	0,741
	4	0,928	0,886	0,838	0,784
	5	0,942	0,907	0,867	0,820
	6	0,953	0,924	0,890	0,850
	7	0,962	0,938	0,910	0,877
	8	0,970	0,951	0,928	0,900
	10	0,983	0,972	0,958	0,942
	12	0,993	0,989	0,984	0,976
	14	1,002	1,004	1,005	1,008
	16	1,009	1,016	1,024	1,034
	18	1,016	1,027	1,041	1,059

Nota. En la tabla se muestra valores del coeficiente K_N , en función N y el tipo de instalaciones en el que se fabrica el hormigón. Tomado de *NB 1225001* (p.628).

Capítulo 4 Diseño Metodológico

El experimento se basa en la elaboración de probetas cilíndricas, moldeadas a partir de una misma masa de hormigón, para posteriormente ser curadas como se describe más adelante.

4.1 Constantes

4.1.1 Revenimiento (*Asentamiento*)

Para tener un hormigón trabajable la consistencia debe ser blanda. Esta medida se lo realiza mediante el ensayo del cono de Abrams, para el proyecto, está comprendido entre 6 a 8 centímetros.

4.1.2 Cantidad de Cemento

Para el desarrollo del proyecto se emplearon las siguientes cantidades de consumo de cemento por metro cúbico de hormigón: 300, 400 y 500 kg/m³H°.

4.1.3 Agregado Utilizado

Para todas las probetas de hormigón, se emplearon agregados (grava y arena) de una misma procedencia, planta chancadora SOBOCE ubicado en municipio de Peñas.

4.1.4 Método de Dosificación

Para el cálculo de las cantidades de los componentes del hormigón (agua, cemento, grava, arena y aire), se empleó el método expuesto en el libro “INTRODUCCION AL DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON” (autor: Ing. Fernando Cerruto Anibarro), que su vez está basado la norma American Concrete Institute – ACI 211.

4.2 Variables

4.2.1 Edad de Rotura

Los distintos grupos de probetas fueron ensayas a compresión simple a edades de 7 y 28 días.

4.2.2 Tiempo de Curado

Los distintos grupos de probetas de hormigón fueron curadas por: inmersión o inundación, riego intermitente (tradicional en obra) y a la intemperie, como se detalla a continuación:

4.2.2.1 Curado por Inmersión

Las probetas fueron sumergidas en las piscinas del Instituto de Materiales de la Universidad Mayor de Andrés durante 6 y 26 días, conforme a la norma ASTM C192 – NB586.

4.2.2.2 Curado por Riego Intermitente

Para los propósitos de esta investigación, el método de curado de las probetas de hormigón es de la siguiente forma. En lugar de utilizar el curado por riego intermitente empleando los procedimientos tradicionales en obra, se opta por sumergir todas las probetas en una piscina durante un periodo de 10 segundos. Esta modificación se implementó con el fin de garantizar que todas las probetas se encuentren en las mismas condiciones de curado, lo que contribuye a una mayor uniformidad en los resultados de la investigación.

Este grupo de probetas se divide en dos subgrupos. El primero se considera en base a los resultados de la encuesta realizada y el segundo para saber cómo influye si tratamos de regar de manera casi continua.

Primer subgrupo. Probetas con 3 riegos al día, durante 3,5 y 14 días.

Segundo subgrupo. Probetas con 6 riegos al día, durante 3,5 y 14 días.

4.2.2.3 Curado a la intemperie

Este grupo de probetas, una vez desmoldadas fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto de Materiales de la UMSA, hasta los días de rotura sin alteración alguna.

4.3 Determinación del Número de Probetas

Para cada tiempo de curado y edad de rotura, se elaboraron tres probetas cilíndricas de hormigón de 10 cm por 20 cm, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6

Tabla de cuantificación de probetas para un consumo de cemento y un tipo de cemento

Método de Curado	Tiempo de curado (días)	Edad de rotura		Total
		7 (días)	28 (días)	
Curado a la intemperie	0	3	3	6
	3	3	3	6
	5	3	3	6
Curado por riego intermitente (3 riegos por día)	5	3	3	6
	14	3	3	6
	3	3	3	6
Curado por riego intermitente (6 riegos por día)	5	3	3	6
	14	3	3	6
	6 y 27	3	3	6
Total		24	24	48

Nota. En la tabla se muestra la cantidad total de probetas para un consumo de cemento y un tipo de cemento, clasificando en grupo de probetas según empleado para su respectivo curado.

Como se muestra en la tabla anterior, la cantidad necesaria para un consumo de cemento es de 48 probetas, dando un total de 144 probetas para los tres consumos de cemento (300, 400 y 500 kg/m³H°).

4.4 Procedimiento de Curado y Rotura de Probetas

Se elaboraron 3 probetas de hormigón para cada tiempo de curado y edad de rotura. A continuación, se clasifican de la siguiente manera:

4.4.1 Probetas Curado a la Intemperie

- Desmoldadas y expuestas directamente a la intemperie, es decir, sin ningún proceso de riego. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de: 7 y 28 días.

4.4.2 Probetas Curadas por Riego Intermitente Tradicional en Obra

4.4.2.1 Curado por Riego Intermitente (3 riegos por día)

Se realizaron los riegos a las 9:00 a.m., 01:00 p.m. y 05:00 p.m., con un margen de ± 10 minutos.

- **Curadas durante 3 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 3 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.
- **Curadas durante 5 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 5 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.
- **Curadas durante 14 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 14 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.

4.4.2.2 Curado por Riego Intermitente (6 riegos por día)

Se realizaron los riegos a las 9:00 a.m., 10:30 a.m., 12:00 a.m., 01:30 p.m., 03:00 p.m. y 05:00 p.m., con un margen de ± 10 minutos.

- **Curadas durante 3 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 3 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el

ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.

- **Curadas durante 5 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 5 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.
- **Curadas durante 14 días.** Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y curadas durante 14 días, posteriormente fueron dejadas al aire en el ambiente del Instituto. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.

4.4.3 Probetas Curadas en Piscina

Estas probetas son elaboradas, desmoldadas al día siguiente y sumergidas en la piscina de curado en el Instituto de Ensayo de Material -IEM hasta el día de rotura. Se elaboraron probetas suficientes para realizar ensayos de compresión a las edades de 7 y 28 días.

4.5 Herramientas Estadísticas a Emplear

Para el tratamiento de datos estadísticos, se emplearán las herramientas: Depuración de muestras atípicos, Análisis factorial y la prueba de rango múltiple de Duncan.

Capítulo 5 Desarrollo del Proyecto

5.1 Materiales

Los materiales que se emplearon para la elaboración de probetas cilíndricas de hormigón se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7

Materiales empleados para la elaboración de probetas cilíndricas de hormigón

Materiales	Descripción
Grava	Tamaño máximo nominal 3/4 ". Procedencia planta de agregados Peñas
Arena	Módulo de finura 3,09. Procedencia planta de agregados Peñas
Cemento	Cemento ECEBOL IP-40
Agua	Procedente de la red de distribución pública (IEM Cota-Cota)

Nota. En la tabla se muestra los materiales y la procedencia para la elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm por 20 cm de hormigón.

Los agregados (Grava y arena) empleados para el desarrollo del proyecto, fueron proporcionados por el Instituto de Materiales IEM (Instituto de ensayo de materiales -UMSA).

La caracterización de los agregados, empleados para el proyecto se encuentran en los ANEXOS 1, 2, 3 y 4.

El agua empleada, para el amasado y el curado de las probetas, no es necesario realizar el control de calidad, debido a que proviene de la red de distribución pública de agua potable.

5.2 Trabajos Previos

5.2.1 Caracterización de los Agregados

Mediante los ensayos de peso específico, peso unitario, granulometría y tamiz 200, se determinó las propiedades de los agregados y se graficó la curva granulométrica. Como se muestra a continuación:

Tabla 8

Propiedades de los agregados

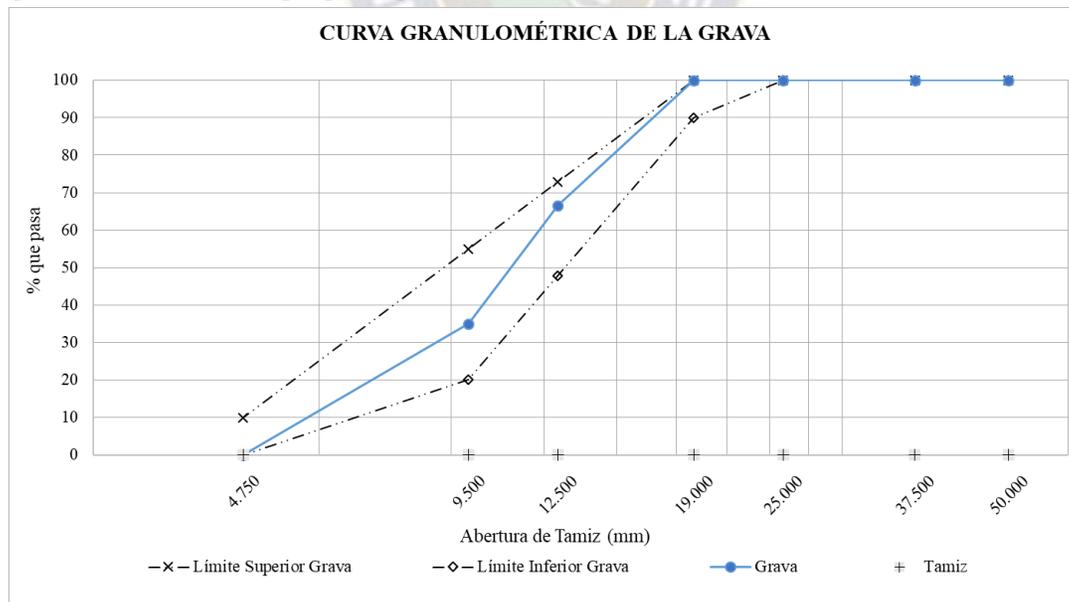
EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Ensayo	Valor	Norma
Extracción y preparación de muestras		ASTM C-702
Peso unitario suelto del agregado grueso, PUS (kg/m ³)	1514	ASTM C-29
Peso unitario compactado del agregado grueso, PUC (kg/m ³)	1628	ASTM C-29
Peso unitario suelto del agregado fino, PUS (kg/m ³)	1668	ASTM C-29
Peso unitario compactado del agregado fino, PUC (kg/m ³)	1778	ASTM C-29
Material más fino que el tamiz N°200, Grava (%)	0.3	ASTM C-117
Material más fino que el tamiz N°200, Arena (%)	3.0	ASTM C-117
Peso específico del agregado grueso, G _{ss}	2.710	ASTM C-127
Absorción del agregado grueso, Abs (%)	0.996	ASTM C-127
Peso específico del agregado fino, G _{ss}	2,682	ASTM C-128
Absorción del agregado fino, Abs (%)	1.682	ASTM C-128
Análisis por tamiz de los agregados (Grava y Arena)		ASTM C-136

Nota. En la tabla se muestra las propiedades de los agregados, y su respectiva norma para determinar los mismos.

Figura 6

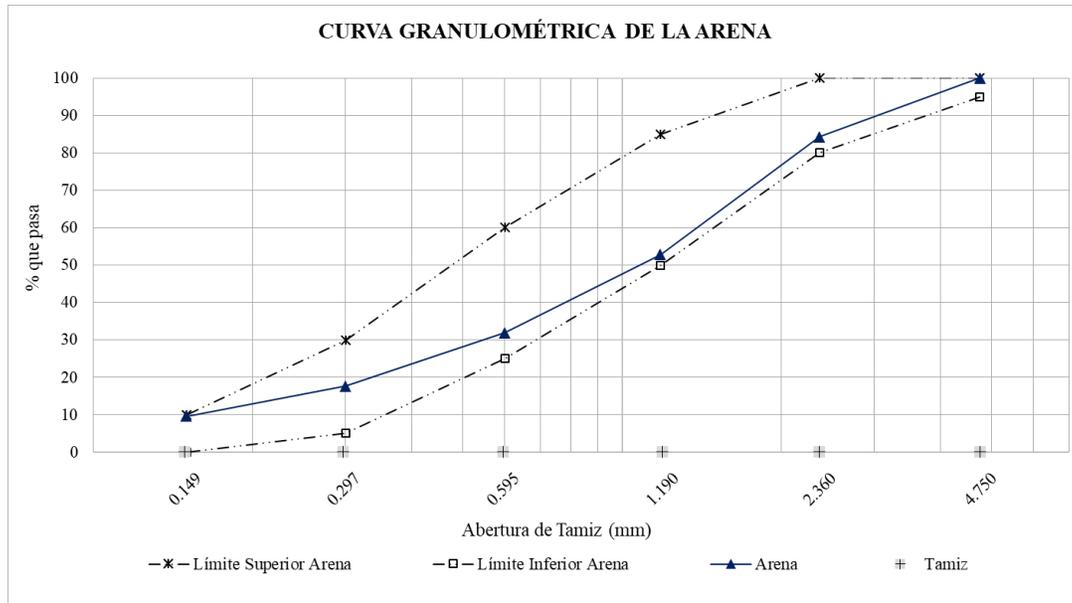
Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. En la figura se muestra los límites de la curva granulométrica del agregado grueso y la curva del agregado grueso que se utilizó en el proyecto.

Figura 7

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. En la figura se muestra los límites de la curva granulométrica del agregado fino y la curva del agregado fino que se utilizó en el proyecto.

5.2.2 *Proceso de Capacitación Operativa*

Para optimizar los procesos que involucran en la elaboración de las probetas y rotura, cumpliendo todos los requerimientos y recomendaciones que señalan en normas y manuales, esto por un periodo de un mes. Dentro de los procesos se puede mencionar:

- Humedecimiento de los agregados y homogeneización.
- Pesaje de las cantidades para una revoltura de hormigón.
- Vertido de materiales desde recipientes a la maquina mezcladora y la operación de la misma.
- Ensayos del hormigón fresco; Como de Abrams y peso unitario del hormigón.
- Incorporación de la mezcla en los moldes, seguida de la compactación mediante una mesa de vibración.
- Desmoldado y etiquetado de probetas para su posterior curado.
- Rotura de probetas a distintas edades.

5.2.3 *Adecuación y Limpieza de Ambientes*

Al tener una cantidad considerable de probetas se tomaron las siguientes previsiones:

- Acondicionamiento de la mezcladora de capacidad suficiente para una revoltura.
- Prever espacio en las piscinas de curado estándar.
- Establecer un espacio para el almacenamiento de los materiales.
- Adecuación y limpieza del sector donde se quedarán las probetas que se serán curadas a la intemperie.
- Implementación de herramientas, materiales y horarios, para un adecuado trabajo en laboratorio.

5.2.4 Dosificación

Las dosificaciones para los tres consumos de cemento, se tomaron del proyecto de grado “EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO PARA HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO IP, DISPONIBLES EN LA CIUDAD DE LA PAZ”. En el entendido que el proyecto de investigación es una continuación de la tesis mencionada anteriormente, por esta razón, se trabajó con el mismo tipo de cemento y los mismos consumos.

Tabla 9

Dosificación empleada para un metro cúbico de hormigón con asentamiento de 7 cm

Material	Consumo 300 (kg/m ³)		Consumo 400 (kg/m ³)		Consumo 500 (kg/m ³)	
	(kg)	(lts)	(kg)	(lts)	(kg)	(lts)
Agua	200.925	200.925	189.410	189.410	207.841	207.841
Cemento	300.000	99.668	400.000	132.890	500.000	166.113
Grava	924.671	345.542	974.570	364.189	902.220	337.152
Arena	924.494	342.995	797.199	304.391	738.449	281.958
Aire		0.870		9.120		6.935
Total	2350.090	1000.000	2361.179	1000.000	2348.510	1000.000

Nota. En la tabla se muestra las cantidades empleadas de los materiales, para un metro cúbico de hormigón con asentamiento de 7 centímetros.

5.3 Desarrollo y Cronología del Hormigonado

5.3.1 Matriz de Repeticiones

Para el desarrollo del proyecto se realizaron vaciados de 16 probetas por revoltura siendo 9 revolturas para los tres consumos de cemento.

Para cada tiempo de curado y edad de rotura, se elaboraron tres probetas cilíndricas de hormigón de 10 cm por 20 cm, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10

Tabla de cuantificación de probetas para un consumo de cemento

Método de Curado	Tiempo de curado (días)	Edad de rotura		Total
		7 (días)	28 (días)	
Curado a la intemperie	0	3	3	6
Curado por riego intermitente (3 riegos por día)	3	3	3	6
	5	3	3	6
	14	3	3	6
Curado por riego intermitente (6 riegos por día)	3	3	3	6
	5	3	3	6
	14	3	3	6
Curado sumergido en piscina	6 y 27	3	3	6
	Total	24	24	48

Nota. En la tabla se muestra la cantidad total de probetas para un consumo de cemento, clasificando en grupo de probetas para su respectivos curados.

Como se muestra en la tabla anterior, la cantidad necesaria para un consumo de cemento es de 48 probetas, dando un total de 144 probetas para los tres consumos de cemento (300,400 y 500 kg/m³H°).

5.4 Nomenclatura de Probetas

Para tener un buen control, se etiquetó a cada una de las probetas, de tal manera que nos permita identificar, clasificar y organizar las probetas.

5.5 Proceso de Elaboración de las Probetas de Hormigón

Para la preparación de una revoltura se realizó de la siguiente manera:

- Se organizó todo el equipo y material que se usará en la elaboración del hormigón, paralelamente se determinó la humedad de los agregados, para corregir la cantidad de agua.
- Posteriormente se realiza una revoltura previa antes de la revoltura real, esto con el fin de no perder el agua de amasado.
- Luego se vierte los materiales a la hormigonera en el siguiente orden: agua en un 80 %, grava, arena, cemento y por último el resto del agua, todo este proceso se lo realiza con la mezcladora en movimiento. Una vez incorporado los materiales esperamos hasta que la mezcla sea homogénea, aproximadamente un minuto.
- Posteriormente se realiza el ensayo de cono de Abrams para la verificación del asentamiento previsto, continuando con el ensayo de peso unitario.
- Finalmente, el hormigón fresco es introducido a los moldes cilíndricos (10 cm por 20 cm) según la normativa, las mismas son trasladadas con mucho cuidado hasta el cuarto de curado, donde permanecerá hasta el día siguiente para ser desmoldadas y clasificadas para su posterior curado.

5.6 Aplicación del Procedimiento de Curado

5.6.1 Clasificación de las Probetas

De cada revoltura realizada se producen 16 probetas, por tanto, cada probeta formará parte de un grupo de tres probetas. Con ese entendido se realizan tres revolturas por cada consumo de cemento. Las probetas serán clasificadas según el método de curado en los siguientes grupos:

5.6.2 Probetas Curadas a la Intemperie

Una vez clasificada, este grupo de probetas se trasladarán al espacio preparado para las mismas, estas permanecerán en ese ambiente hasta el día de su rotura sin alteración alguna.

5.6.3 Probetas Curadas por Riego Intermitente Tradicional en Obra

Para los propósitos de esta investigación, el método de curado de las probetas de hormigón será de la siguiente manera. En lugar de utilizar el curado por riego intermitente empleando los procedimientos tradicionales en obra, se opta por sumergir todas las probetas en una piscina a temperatura ambiente durante un periodo de 10 segundos. Esta modificación se está implementando con el fin de garantizar que todas las probetas se encuentren en las mismas condiciones de curado, lo que contribuirá a una mayor uniformidad en los resultados de la investigación.

Este grupo de probetas se divide en dos subgrupos. El primero se considera en base a los resultados de la encuesta realizada y el segundo para saber cómo influye si tratamos de regar de manera casi continua.

Primer subgrupo. Probetas con 3 riegos al día, durante 3,5 y 14 días.

Segundo subgrupo. Probetas con 6 riegos al día, durante 3,5 y 14 días.

5.6.3.1 Curado por Riego Intermitente (3 riegos por día)

Probetas curadas durante 3, 5 y 14 días. Posteriormente son dejadas al aire en los ambientes del Instituto. Se elaborarán 3 probetas por grupo, como se explicó con anterioridad, para realizar ensayos de compresión a las edades de: 7 y 28 días.

5.6.3.2 Curado por Riego Intermitente (6 riegos por día)

Probetas curadas durante 3, 5 y 14 días. Posteriormente son dejadas al aire en los ambientes del Instituto. Se elaborarán 3 probetas por grupo, como se explicó con anterioridad, para realizar ensayos de compresión a las edades de: 7 y 28 días.

5.6.4 Probetas Curadas en Piscina

Una vez clasificadas, las probetas son sumergidas a las piscinas de curado del Instituto de Ensayo de Material -IEM hasta el día de su rotura.

5.7 Instrumentos de Medición

Los instrumentos y equipos utilizados para el desarrollo del proyecto, fueron proporcionados por el área de hormigones del Instituto de Ensayo de Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés, los cuales están adecuados a las normas americanas ASTM y ASSHTO.



Capítulo 6 Evaluación de Resultados

Obtenidas las probetas, se realizó, el ensayo a compresión de las mismas a las edades estipuladas a cada una de ellas, cuyo resultado se presentará en este capítulo.

La valoración y análisis de resultados obtenidos en laboratorio estará estructurado en siguiente orden:

- Presentación de resultados.
- Análisis e interpretación de resultados.
- Gráficas Edad vs. Resistencia.
- Ecuación de ajuste para las curvas: efecto del tiempo de curado en la resistencia a compresión del hormigón.

6.1 Resultados del Ensayo a Compresión

Tabla 11

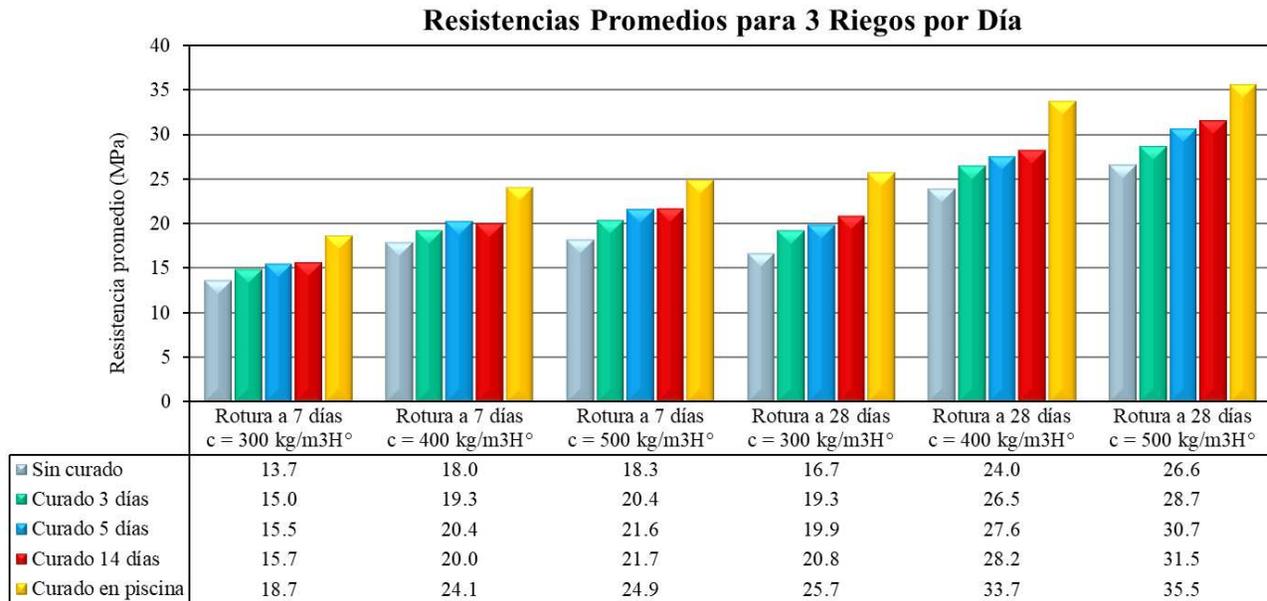
Resumen de resistencias promedio a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado

Curado (días)	Para 3 riegos por día		Para 6 riegos por día	
	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)
	Consumo de 300 kg/m ³ H°		Consumo de 300 kg/m ³ H°	
0	13.7	16.7	13.7	16.7
3	15.0	19.3	15.4	20.1
5	15.5	19.9	15.7	21.1
14	15.7	20.8	15.7	21.8
H	18.7	25.7	18.7	25.7
	Consumo de 400 kg/m ³ H°		Consumo de 400 kg/m ³ H°	
0	18.0	24.0	18.0	24.0
3	19.3	26.5	20.1	27.3
5	20.4	27.6	21.1	28.3
14	20.0	28.2	21.2	29.8
H	24.1	33.7	24.1	33.7
	Consumo de 500 kg/m ³ H°		Consumo de 500 kg/m ³ H°	
0	18.3	26.6	18.3	26.6
3	20.4	28.7	21.2	29.9
5	21.6	30.7	22.7	31.4
14	21.7	31.5	22.9	32.6
H	24.9	35.5	24.9	35.5

Nota. En la tabla se muestra las resistencias promedio a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento.

Figura 8

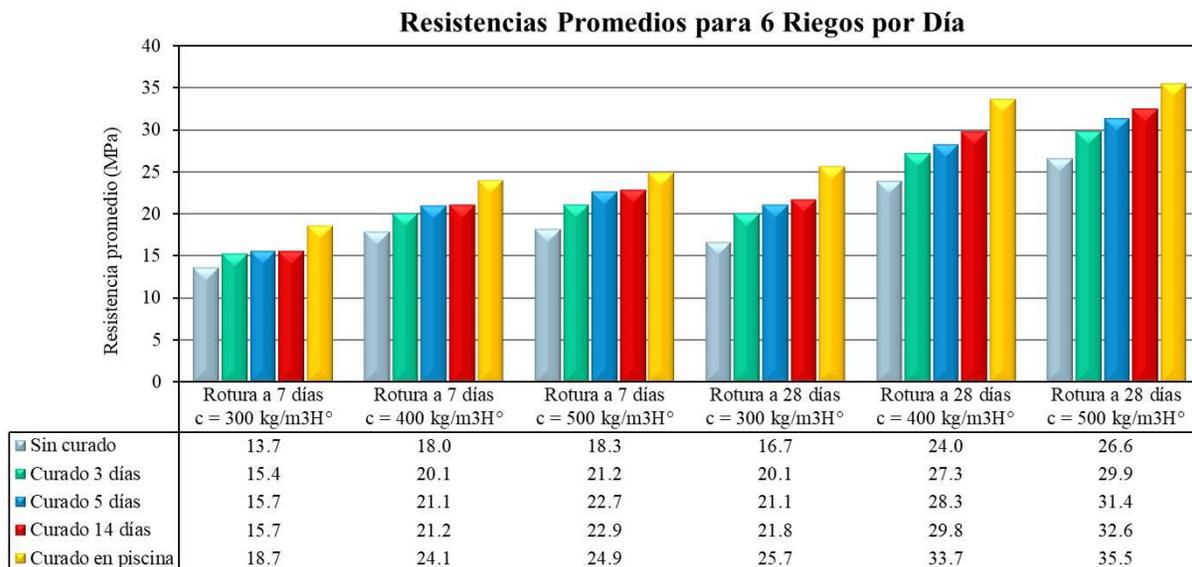
Gráfica de resistencias promedios para cada consumo de cemento con 3 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra las resistencias promedio a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento para 3 riegos por día.

Figura 9

Gráfica de resistencias promedios para cada consumo de cemento con 6 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra las resistencias promedio a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento para 6 riegos por día.

6.2 Depuración y Análisis Estadístico

6.2.1 Consumo de Cemento de 300 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día

6.2.1.1 Depuración de Muestras

Tabla 12

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	13.51						16.59					
	13.88	13.69	0.19	0.03	0.01	1.002	17.11	16.73	0.33	0.11	0.02	1.144
	13.69						16.50					
3	14.35						19.05					
	14.73	14.98	0.79	0.62	0.05	1.120	19.13	19.28	0.32	0.10	0.02	1.147
	15.87						19.65					
5	15.44						19.79					
	15.88	15.54	0.30	0.09	0.02	1.130	19.75	19.92	0.27	0.07	0.01	1.150
	15.32						20.23					
14	15.74						21.16					
	15.60	15.66	0.07	0.01	0.00	1.085	20.53	20.81	0.32	0.10	0.02	1.076
	15.65						20.76					
H	18.04						26.03					
	18.51	18.67	0.73	0.54	0.04	1.094	25.59	25.69	0.30	0.09	0.01	1.131
	19.48						25.46					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.62

k: 10

Sum s²: 1.76

α: 5%

G_c: 0.35

g_α: 0.445

n: 3

G_c>g_α: Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3

riesgo: 2.5%

G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.1.2 Análisis Factorial

Tabla 13

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	13.51	16.59	91.29	15.21
	13.88	17.11		
	13.69	16.50		
3	14.35	19.05	102.78	17.13
	14.73	19.13		
	15.87	19.65		
5	15.44	19.79	106.41	17.73
	15.88	19.75		
	15.32	20.23		
14	15.74	21.16	109.42	18.24
	15.60	20.53		
	15.65	20.76		
H	18.04	26.03	133.10	22.18
	18.51	25.59		
	19.48	25.46		
Total	235.67	307.32	542.99	
Promedio	15.71	20.49		90.50

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 14

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	156.55	4	39.14	221.99	2.87	Sig.
Edad	171.12	1	171.12	970.62	4.35	Sig.
Interaccion	12.87	4	3.22	18.24	2.87	Sig.
Error	3.53	20	0.18			
Total	344.06	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.1.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 15

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11 13.69	Y52 25.69
2	Y12 16.73	Y42 20.81
3	Y21 14.98	Y32 19.92
4	Y22 19.28	Y22 19.28
5	Y31 15.54	Y51 18.67
6	Y32 19.92	Y12 16.73
7	Y41 15.66	Y41 15.66
8	Y42 20.81	Y31 15.54
9	Y51 18.67	Y21 14.98
10	Y52 25.69	Y11 13.69

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 16

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.18

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 17

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.720	0.756	0.778	0.794	0.805	0.814	0.820	0.825	0.829

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 18

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y51	Y12	Y41	Y31	Y21	Y11
Pos	Res	20.81	19.92	19.28	18.67	16.73	15.66	15.54	14.98	13.69
Y52	25.69	4.9 [2] Sigf	5.8 [3] Sigf	6.4 [4] Sigf	7.0 [5] Sigf	9.0 [6] Sigf	10.0 [7] Sigf	10.1 [8] Sigf	10.7 [9] Sigf	12.0 [10] Sigf
Y42	20.81		0.9 [2] Sigf	1.5 [3] Sigf	2.1 [4] Sigf	4.1 [5] Sigf	5.2 [6] Sigf	5.3 [7] Sigf	5.8 [8] Sigf	7.1 [9] Sigf
Y32	19.92			0.6 [2] No Sigf	1.3 [3] Sigf	3.2 [4] Sigf	4.3 [5] Sigf	4.4 [6] Sigf	4.9 [7] Sigf	6.2 [8] Sigf
Y22	19.28				0.6 [2] No Sigf	2.5 [3] Sigf	3.6 [4] Sigf	3.7 [5] Sigf	4.3 [6] Sigf	5.6 [7] Sigf
Y51	18.67					1.9 [2] Sigf	3.0 [3] Sigf	3.1 [4] Sigf	3.7 [5] Sigf	5.0 [6] Sigf
Y12	16.73						1.1 [2] Sigf	1.2 [3] Sigf	1.8 [4] Sigf	3.0 [5] Sigf
Y41	15.66							0.1 [2] No Sigf	0.7 [3] No Sigf	2.0 [4] Sigf
Y31	15.54								0.6 [2] No Sigf	1.9 [3] Sigf
Y21	14.98									1.3 [2] Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.2.2 Consumo de Cemento de 400 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día

6.2.2.1 Depuración de Muestras

Tabla 19

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	17.55						24.10					
	18.08	17.98	0.40	0.16	0.02	1.095	23.67	23.99	0.28	0.08	0.01	1.137
	18.33						24.20					
3	19.59						26.34					
	18.98	19.25	0.31	0.10	0.02	1.104	26.60	26.50	0.15	0.02	0.01	1.149
	19.17						26.57					
5	20.40						28.04					
	19.72	20.36	0.62	0.39	0.03	1.028	27.87	27.60	0.62	0.38	0.02	1.144
	20.97						26.89					
14	20.43						28.34					
	19.70	20.02	0.38	0.14	0.02	1.103	28.19	28.22	0.11	0.01	0.00	1.104
	19.92						28.13					
H	23.71						33.96					
	24.39	24.09	0.35	0.12	0.01	1.090	33.38	33.69	0.29	0.09	0.01	1.063
	24.16						33.73					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.39 **k:** 10
Sum s²: 1.49 **α:** 5%
Gc: 0.26 **g_α:** 0.445
n: 3 **Gc > g_α:** Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3
riesgo: 2.5%
G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.2.2 Análisis Factorial

Tabla 20

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	17.55	24.10	125.93	20.99
	18.08	23.67		
	18.33	24.20		
3	19.59	26.34	137.25	22.87
	18.98	26.60		
	19.17	26.57		
5	20.40	28.04	143.89	23.98
	19.72	27.87		
	20.97	26.89		
14	20.43	28.34	144.71	24.12
	19.70	28.19		
	19.92	28.13		
H	23.71	33.96	173.34	28.89
	24.39	33.38		
	24.16	33.73		
Total	305.09	420.02	725.11	
Promedio	20.34	28.00		120.85

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 21

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	204.72	4	51.18	343.77	2.87	Sig.
Edad	440.25	1	440.25	2957.11	4.35	Sig.
Interaccion	10.71	4	2.68	17.99	2.87	Sig.
Error	2.98	20	0.15			
Total	658.66	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.2.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 22

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11	17.98
2	Y12	23.99
3	Y21	19.25
4	Y22	26.50
5	Y31	20.36
6	Y32	27.60
7	Y41	20.02
8	Y42	28.22
9	Y51	24.09
10	Y52	33.69

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 23

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.15

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 24

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.662	0.695	0.715	0.729	0.740	0.748	0.754	0.759	0.762

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 25

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y51	Y12	Y31	Y41	Y21	Y11
Pos	Res	28.22	27.60	26.50	24.09	23.99	20.36	20.02	19.25	17.98
Y52	33.69	5.5 [2] Sigf	6.1 [3] Sigf	7.2 [4] Sigf	9.6 [5] Sigf	9.7 [6] Sigf	13.3 [7] Sigf	13.7 [8] Sigf	14.4 [9] Sigf	15.7 [10] Sigf
Y42	28.22		0.6 [2] No Sigf	1.7 [3] Sigf	4.1 [4] Sigf	4.2 [5] Sigf	7.9 [6] Sigf	8.2 [7] Sigf	9.0 [8] Sigf	10.2 [9] Sigf
Y32	27.60			1.1 [2] Sigf	3.5 [3] Sigf	3.6 [4] Sigf	7.2 [5] Sigf	7.6 [6] Sigf	8.4 [7] Sigf	9.6 [8] Sigf
Y22	26.50				2.4 [2] Sigf	2.5 [3] Sigf	6.1 [4] Sigf	6.5 [5] Sigf	7.3 [6] Sigf	8.5 [7] Sigf
Y51	24.09					0.1 [2] No Sigf	3.7 [3] Sigf	4.1 [4] Sigf	4.8 [5] Sigf	6.1 [6] Sigf
Y12	23.99						3.6 [2] Sigf	4.0 [3] Sigf	4.7 [4] Sigf	6.0 [5] Sigf
Y31	20.36							0.3 [2] No Sigf	1.1 [3] Sigf	2.4 [4] Sigf
Y41	20.02								0.8 [2] Sigf	2.0 [3] Sigf
Y21	19.25									1.3 [2] Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.2.3 Consumo de Cemento de 500 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día

6.2.3.1 Depuración de Muestras

Tabla 26

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	18.42						26.32					
	18.98	18.29	0.77	0.59	0.04	1.078	27.25	26.60	0.57	0.32	0.02	1.151
	17.46						26.22					
3	20.58						28.32					
	20.28	20.38	0.18	0.03	0.01	1.153	28.55	28.72	0.50	0.25	0.02	1.123
	20.26						29.28					
5	20.98						31.85					
	21.88	21.64	0.58	0.33	0.03	1.142	30.16	30.70	1.00	0.99	0.03	1.154
	22.05						30.09					
14	22.54						31.75					
	21.50	21.70	0.76	0.58	0.03	1.105	31.53	31.46	0.33	0.11	0.01	1.088
	21.06						31.09					
H	24.88						35.89					
	24.84	24.93	0.12	0.02	0.00	1.136	35.40	35.54	0.31	0.10	0.01	1.143
	25.07						35.32					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.99

k: 10

Sum s²: 3.31

α: 5%

G_c: 0.30

g_α: 0.445

n: 3

G_c > g_α: Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3

riesgo: 2.5%

G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.3.2 Análisis Factorial

Tabla 27

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	18.42	26.32	134.65	22.44
	18.98	27.25		
	17.46	26.22		
3	20.58	28.32	147.28	24.55
	20.28	28.55		
	20.26	29.28		
5	20.98	31.85	157.01	26.17
	21.88	30.16		
	22.05	30.09		
14	22.54	31.75	159.46	26.58
	21.50	31.53		
	21.06	31.09		
H	24.88	35.89	181.41	30.23
	24.84	35.40		
	25.07	35.32		
Total	320.78	459.03	779.82	
Promedio	21.39	30.60		129.97

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 28

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	198.37	4	49.59	149.69	2.87	Sig.
Edad	637.11	1	637.11	1923.03	4.35	Sig.
Interaccion	5.75	4	1.44	4.34	2.87	Sig.
Error	6.63	20	0.33			
Total	847.86	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.3.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 29

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11	18.29
2	Y12	26.60
3	Y21	20.38
4	Y22	28.72
5	Y31	21.64
6	Y32	30.70
7	Y41	21.70
8	Y42	31.46
9	Y51	24.93
10	Y52	35.54

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 30

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.33

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 31

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.987	1.036	1.067	1.088	1.104	1.115	1.124	1.132	1.137

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 32

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y12	Y51	Y41	Y31	Y21	Y11
Pos	Res	31.46	30.70	28.72	26.60	24.93	21.70	21.64	20.38	18.29
		4.1	4.8	6.8	8.9	10.6	13.8	13.9	15.2	17.3
Y52	35.54	[2] Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf	[6] Sigf	[7] Sigf	[8] Sigf	[9] Sigf	[10] Sigf
			0.8	2.7	4.9	6.5	9.8	9.8	11.1	13.2
Y42	31.46		[2] No Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf	[6] Sigf	[7] Sigf	[8] Sigf	[9] Sigf
				2.0	4.1	5.8	9.0	9.1	10.3	12.4
Y32	30.70			[2] Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf	[6] Sigf	[7] Sigf	[8] Sigf
					2.1	3.8	7.0	7.1	8.3	10.4
Y22	28.72				[2] Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf	[6] Sigf	[7] Sigf
						1.7	4.9	5.0	6.2	8.3
Y12	26.60					[2] Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf	[6] Sigf
							3.2	3.3	4.6	6.6
Y51	24.93						[2] Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf	[5] Sigf
								0.1	1.3	3.4
Y41	21.70							[2] No Sigf	[3] Sigf	[4] Sigf
									1.3	3.3
Y31	21.64								[2] Sigf	[3] Sigf
										2.1
Y21	20.38									[2] Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.2.4 Consumo de Cemento de 300 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día

6.2.4.1 Depuración de Muestras

Tabla 33

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	13.51						16.59					
	13.88	13.69	0.19	0.03	0.01	1.002	17.11	16.73	0.33	0.11	0.02	1.144
	13.69						16.50					
3	15.58						20.34					
	14.49	15.35	0.77	0.59	0.05	1.116	19.99	20.08	0.23	0.05	0.01	1.139
	15.98						19.91					
5	16.08						20.56					
	15.38	15.69	0.36	0.13	0.02	1.085	21.92	21.13	0.70	0.50	0.03	1.120
	15.62						20.91					
14	15.70						22.08					
	15.51	15.67	0.16	0.02	0.01	1.060	21.55	21.81	0.26	0.07	0.01	1.005
	15.82						21.81					
H	18.04						26.03					
	18.51	18.67	0.73	0.54	0.04	1.094	25.59	25.69	0.30	0.09	0.01	1.131
	19.48						25.46					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.59

k: 10

Sum s²: 2.13

α: 5%

Gc: 0.28

g_α: 0.445

n: 3

Gc > g_α: Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3

riesgo: 2.5%

G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.4.2 Análisis Factorial

Tabla 34

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	13.51	16.59	91.29	15.21
	13.88	17.11		
	13.69	16.50		
3	15.58	20.34	106.30	17.72
	14.49	19.99		
	15.98	19.91		
5	16.08	20.56	110.46	18.41
	15.38	21.92		
	15.62	20.91		
14	15.70	22.08	112.46	18.74
	15.51	21.55		
	15.82	21.81		
H	18.04	26.03	133.10	22.18
	18.51	25.59		
	19.48	25.46		
Total	237.26	316.34	553.61	
Promedio	15.82	21.09		92.27

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 35

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	150.18	4	37.54	176.29	2.87	Sig.
Edad	208.48	1	208.48	978.91	4.35	Sig.
Interaccion	13.66	4	3.41	16.03	2.87	Sig.
Error	4.26	20	0.21			
Total	376.57	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.4.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 36

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11	13.69
2	Y12	16.73
3	Y21	15.35
4	Y22	20.08
5	Y31	15.69
6	Y32	21.13
7	Y41	15.67
8	Y42	21.81
9	Y51	18.67
10	Y52	25.69

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 37

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.21

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 38

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.792	0.831	0.855	0.872	0.885	0.894	0.901	0.907	0.911

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 39

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y51	Y12	Y31	Y41	Y21	Y11
Pos	Res	21.81	21.13	20.08	18.67	16.73	15.69	15.67	15.35	13.69
		3.9	4.6	5.6	7.0	9.0	10.0	10.0	10.3	12.0
Y52	25.69	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
		Sigf								
			0.7	1.7	3.1	5.1	6.1	6.1	6.5	8.1
Y42	21.81		[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
			No Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
				1.0	2.5	4.4	5.4	5.5	5.8	7.4
Y32	21.13			[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
				Sigf						
					1.4	3.3	4.4	4.4	4.7	6.4
Y22	20.08				[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
					Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
						1.9	3.0	3.0	3.3	5.0
Y51	18.67					[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
						Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
							1.0	1.1	1.4	3.0
Y12	16.73						[2]	[3]	[4]	[5]
							Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
								0.0	0.3	2.0
Y31	15.69							[2]	[3]	[4]
								No Sigf	No Sigf	Sigf
									0.3	2.0
Y41	15.67								[2]	[3]
									No Sigf	Sigf
										1.7
Y21	15.35									[2]
										Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.2.5 Consumo de Cemento de 400 kg/m³Hº, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día

6.2.5.1 Depuración de Muestras

Tabla 40

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	17.55						24.10					
	18.08	17.98	0.40	0.16	0.02	1.095	23.67	23.99	0.28	0.08	0.01	1.137
	18.33						24.20					
3	20.24						26.93					
	20.27	20.13	0.22	0.05	0.01	1.153	27.29	27.26	0.31	0.10	0.01	1.052
	19.88						27.55					
5	21.05						28.09					
	21.23	21.05	0.18	0.03	0.01	1.003	28.43	28.31	0.19	0.04	0.01	1.153
	20.87						28.41					
14	20.96						29.17					
	21.84	21.16	0.61	0.38	0.03	1.119	30.51	29.83	0.67	0.45	0.02	1.015
	20.66						29.81					
H	23.71						33.96					
	24.39	24.09	0.35	0.12	0.01	1.090	33.38	33.69	0.29	0.09	0.01	1.063
	24.16						33.73					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.45 **k:** 10
Sum s²: 1.48 **α:** 5%
Gc: 0.30 **g_α:** 0.445
n: 3 **Gc > g_α:** Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3
riesgo: 2.5%
G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.5.2 Análisis Factorial

Tabla 41

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	17.55	24.10	125.93	20.99
	18.08	23.67		
	18.33	24.20		
3	20.24	26.93	142.16	23.69
	20.27	27.29		
	19.88	27.55		
5	21.05	28.09	148.08	24.68
	21.23	28.43		
	20.87	28.41		
14	20.96	29.17	152.95	25.49
	21.84	30.51		
	20.66	29.81		
H	23.71	33.96	173.34	28.89
	24.39	33.38		
	24.16	33.73		
Total	313.23	429.23	742.46	
Promedio	20.88	28.62		123.74

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 42

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	197.80	4	49.45	333.21	2.87	Sig.
Edad	448.53	1	448.53	3022.36	4.35	Sig.
Interaccion	11.93	4	2.98	20.10	2.87	Sig.
Error	2.97	20	0.15			
Total	661.23	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.5.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 43

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11	17.98
2	Y12	23.99
3	Y21	20.13
4	Y22	27.26
5	Y31	21.05
6	Y32	28.31
7	Y41	21.16
8	Y42	29.83
9	Y51	24.09
10	Y52	33.69

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 44

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.15

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 45

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.661	0.693	0.714	0.728	0.739	0.746	0.752	0.757	0.761

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 46

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y51	Y12	Y41	Y31	Y21	Y11
Pos	Res	29.83	28.31	27.26	24.09	23.99	21.16	21.05	20.13	17.98
Y52	33.69	3.9	5.4	6.4	9.6	9.7	12.5	12.6	13.6	15.7
		[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
		Sigf								
Y42	29.83		1.5	2.6	5.7	5.8	8.7	8.8	9.7	11.8
			[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
			Sigf							
Y32	28.31			1.1	4.2	4.3	7.2	7.3	8.2	10.3
				[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
				Sigf						
Y22	27.26				3.2	3.3	6.1	6.2	7.1	9.3
					[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
					Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y51	24.09					0.1	2.9	3.0	4.0	6.1
						[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
						No Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y12	23.99						2.8	2.9	3.9	6.0
							[2]	[3]	[4]	[5]
							Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y41	21.16							0.1	1.0	3.2
								[2]	[3]	[4]
								No Sigf	Sigf	Sigf
Y31	21.05								0.9	3.1
									[2]	[3]
									Sigf	Sigf
Y21	20.13									2.1
										[2]
										Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.2.6 Consumo de Cemento de 500 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 6 Riegos por Día

6.2.6.1 Depuración de Muestras

Tabla 47

Cálculo de estadígrafos de depuración de muestras (Valores Atípicos)

Curado	Rotura a: 7 (días)						Rotura a: 28 (días)					
	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n	Y _i	\bar{y}	s	s ²	er	G _n
0	18.42						26.32					
	18.98	18.29	0.77	0.59	0.04	1.078	27.25	26.60	0.57	0.32	0.02	1.151
	17.46						26.22					
3	21.62						29.92					
	21.08	21.19	0.38	0.15	0.02	1.116	29.95	29.86	0.13	0.02	0.00	1.147
	20.88						29.71					
5	22.61						31.24					
	23.11	22.74	0.33	0.11	0.01	1.136	31.80	31.44	0.31	0.10	0.01	1.152
	22.49						31.28					
14	23.13						32.66					
	22.62	22.87	0.25	0.06	0.01	1.018	32.48	32.57	0.09	0.01	0.00	1.012
	22.86						32.58					
H	24.88						35.89					
	24.84	24.93	0.12	0.02	0.00	1.136	35.40	35.54	0.31	0.10	0.01	1.143
	25.07						35.32					

Prueba de Cochran (Homocedasticidad):

$$G_c = \frac{\max(s_i^2)}{\sum s_i^2} \leq 0,445$$

Max s²: 0.59

k: 10

Sum s²: 1.46

α: 5%

Gc: 0.40

g_α: 0.445

n: 3

Gc > g_α: Se Acepta

Depuración de datos Atípicos:

$$G_n = \max\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{s}; \frac{\bar{x} - x_{\min}}{s}\right) \leq 1.155$$

n: 3

riesgo: 2.5%

G_{5%}: 1.155

Nota. En la tabla se muestra el cálculo de los estadígrafos para la depuración de los valores atípicos.

6.2.6.2 Análisis Factorial

Tabla 48

Experimento de 2 factores con 3 replicas

Curado	Rotura a: 7 (días)	Rotura a: 28 (días)	Total (MPa)	Promedio (MPa)
0	18.42	26.32	134.65	22.44
	18.98	27.25		
	17.46	26.22		
3	21.62	29.92	153.16	25.53
	21.08	29.95		
	20.88	29.71		
5	22.61	31.24	162.53	27.09
	23.11	31.80		
	22.49	31.28		
14	23.13	32.66	166.34	27.72
	22.62	32.48		
	22.86	32.58		
H	24.88	35.89	181.41	30.23
	24.84	35.40		
	25.07	35.32		
Total	330.06	468.03	798.09	
Promedio	22.00	31.20		133.02

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a compresión y los promedios de cada grupo en MPa.

Declaración de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre resistencia de los distintos curados.

Ho: No existe diferencia entre resistencia de las distintas edades.

Ho: No existe interacción entre curado y edad.

Tabla 49

Análisis de varianza para el experimento de 2 factores con 3 réplicas

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	<i>f</i> Calculada	$f_{0,05}(v_1, v_2)$	Efecto
Curado	198.89	4	49.72	339.94	2.87	Sig.
Edad	634.48	1	634.48	4337.78	4.35	Sig.
Interaccion	5.34	4	1.33	9.12	2.87	Sig.
Error	2.93	20	0.15			
Total	841.64	29				

Nota. En la tabla se muestra el cálculo para realizar el análisis de varianza para un experimento de dos factores con 3 réplicas.

6.2.6.3 Prueba de Rango Múltiple (Duncan)

Tabla 50

Valores para realizar la prueba de Duncan

N° de Réplica	Promedio de la Réplica (MPa)	Datos Ordenados (MPa)
1	Y11	18.29
2	Y12	26.60
3	Y21	21.19
4	Y22	29.86
5	Y31	22.74
6	Y32	31.44
7	Y41	22.87
8	Y42	32.57
9	Y51	24.93
10	Y52	35.54

Nota. En la tabla se muestra valores de resistencia promedio ordenados de mayor a menor.

Tabla 51

Rangos estudentizados mínimos significativos r_p (0.05;p;v), obtenido de tablas (Anexo 7)

v	P								
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421

Nota. En la tabla se muestra los valores de los rangos estudentizados mínimos significativos obtenidos de tablas.

Nivel de significancia (α): 5%

Grados de libertad (a*b-1)(n-1): 18

Tamaño de la muestra (n): 3

Error cuadrado medio (s^2): 0.15

Tabla 52

Cálculo del estadígrafo R_p para el rango menos significativo

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

P	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
r_p	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
R_p	0.656	0.688	0.709	0.723	0.733	0.741	0.747	0.752	0.755

Nota. En la tabla se muestra el cálculo del estadígrafo R_p .

Tabla 53

Tabla de la prueba de Duncan

	Pos	Y42	Y32	Y22	Y12	Y51	Y41	Y31	Y21	Y11
Pos	Res	32.57	31.44	29.86	26.60	24.93	22.87	22.74	21.19	18.29
Y52	35.54	3.0	4.1	5.7	8.9	10.6	12.7	12.8	14.3	17.3
		[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
		Sigf								
Y42	32.57		1.1	2.7	6.0	7.6	9.7	9.8	11.4	14.3
			[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
			Sigf							
Y32	31.44			1.6	4.8	6.5	8.6	8.7	10.2	13.2
				[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
				Sigf						
Y22	29.86				3.3	4.9	7.0	7.1	8.7	11.6
					[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
					Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y12	26.60					1.7	3.7	3.9	5.4	8.3
						[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
						Sigf	Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y51	24.93						2.1	2.2	3.7	6.6
							[2]	[3]	[4]	[5]
							Sigf	Sigf	Sigf	Sigf
Y41	22.87							0.1	1.7	4.6
								[2]	[3]	[4]
								No Sigf	Sigf	Sigf
Y31	22.74								1.5	4.5
									[2]	[3]
									Sigf	Sigf
Y21	21.19									2.9
										[2]
										Sigf

Nota. En la tabla se muestra la prueba de Duncan, específicamente la significancia o no significancia.

6.3 Resumen de las Resistencias Estimadas Características

Tabla 54

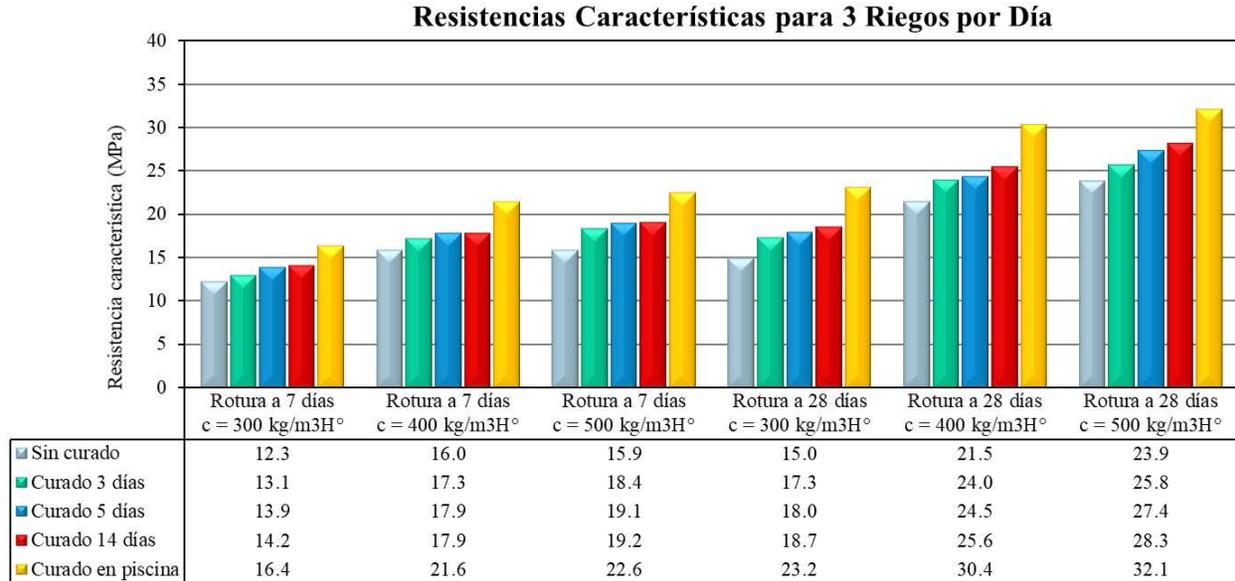
Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)
	Consumo de 300 kg/m³H°		Consumo de 300 kg/m³H°	
0	12.3	15.0	12.3	15.0
3	13.1	17.3	13.2	18.1
5	13.9	18.0	14.0	18.7
14	14.2	18.7	14.1	19.6
H	16.4	23.2	16.4	23.2
	Consumo de 400 kg/m³H°		Consumo de 400 kg/m³H°	
0	16.0	21.5	16.0	21.5
3	17.3	24.0	18.1	24.5
5	17.9	24.5	19.0	25.6
14	17.9	25.6	18.8	26.5
H	21.6	30.4	21.6	30.4
	Consumo de 500 kg/m³H°		Consumo de 500 kg/m³H°	
0	15.9	23.9	15.9	23.9
3	18.4	25.8	19.0	27.0
5	19.1	27.4	20.5	28.4
14	19.2	28.3	20.6	29.6
H	22.6	32.1	22.6	32.1

Nota. En la tabla se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento.

Figura 10

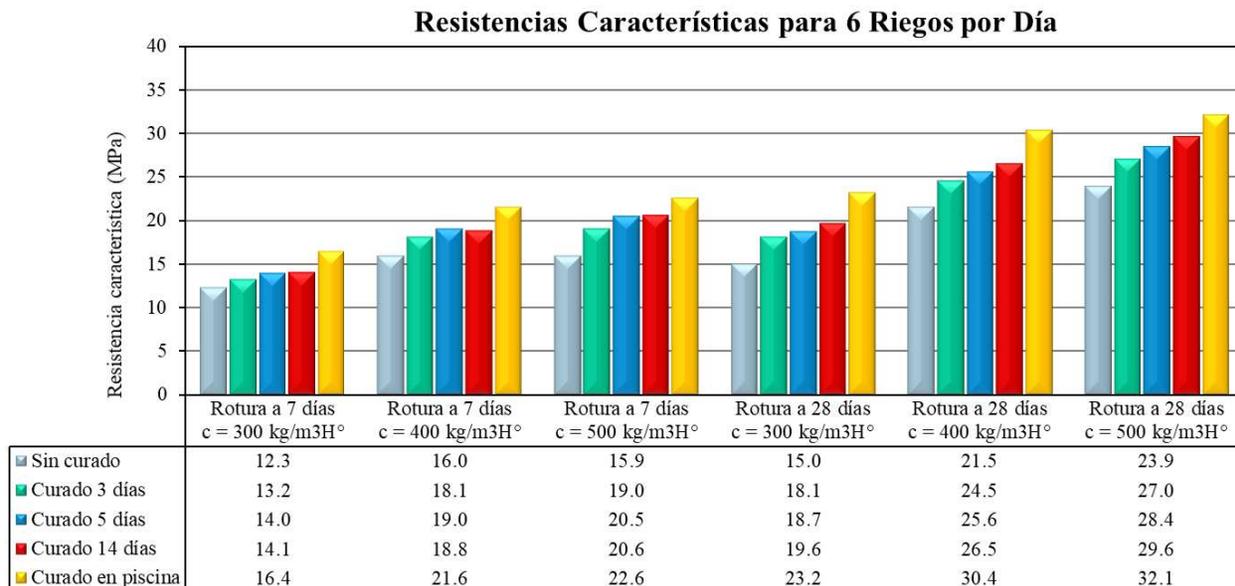
Gráfica de resistencias características para cada consumo de cemento con 3 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento para 3 riegos por día.

Figura 11

Gráfica de resistencias características para cada consumo de cemento con 6 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento para 6 riegos por día.

6.4 Porcentajes de Resistencias Características a Compresión con Relación al valor de la Resistencia a 28 Días de Rotura (Normalizado).

Tabla 55

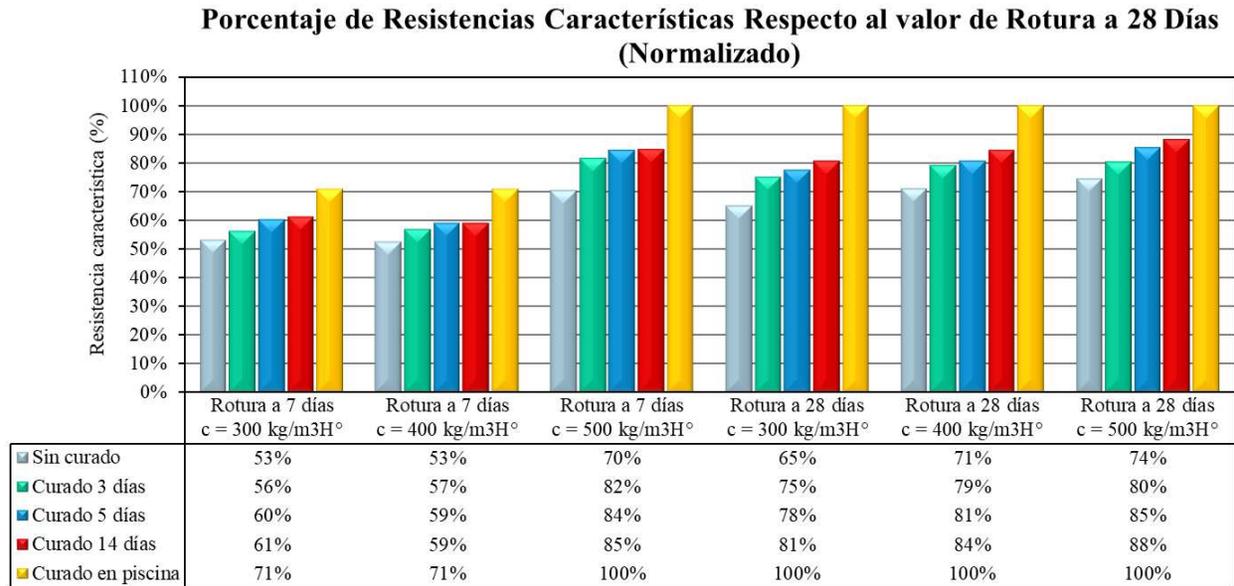
Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 y 6 riegos por día

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días	Rotura 28 días	Rotura 7 días	Rotura 28 días
	Consumo de 300 kg/m³H°		Consumo de 300 kg/m³H°	
0	53%	65%	53%	65%
3	56%	75%	57%	78%
5	60%	78%	60%	81%
14	61%	81%	61%	85%
H	71%	100%	71%	100%
	Consumo de 400 kg/m³H°		Consumo de 400 kg/m³H°	
0	53%	71%	53%	71%
3	57%	79%	60%	81%
5	59%	81%	63%	84%
14	59%	84%	62%	87%
H	71%	100%	71%	100%
	Consumo de 500 kg/m³H°		Consumo de 500 kg/m³H°	
0	49%	74%	49%	74%
3	57%	80%	59%	84%
5	59%	85%	64%	88%
14	60%	88%	64%	92%
H	70%	100%	70%	100%

Nota. En la tabla se muestra el porcentaje de las resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón con curado intermitente tradicional en obra respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado).

Figura 12

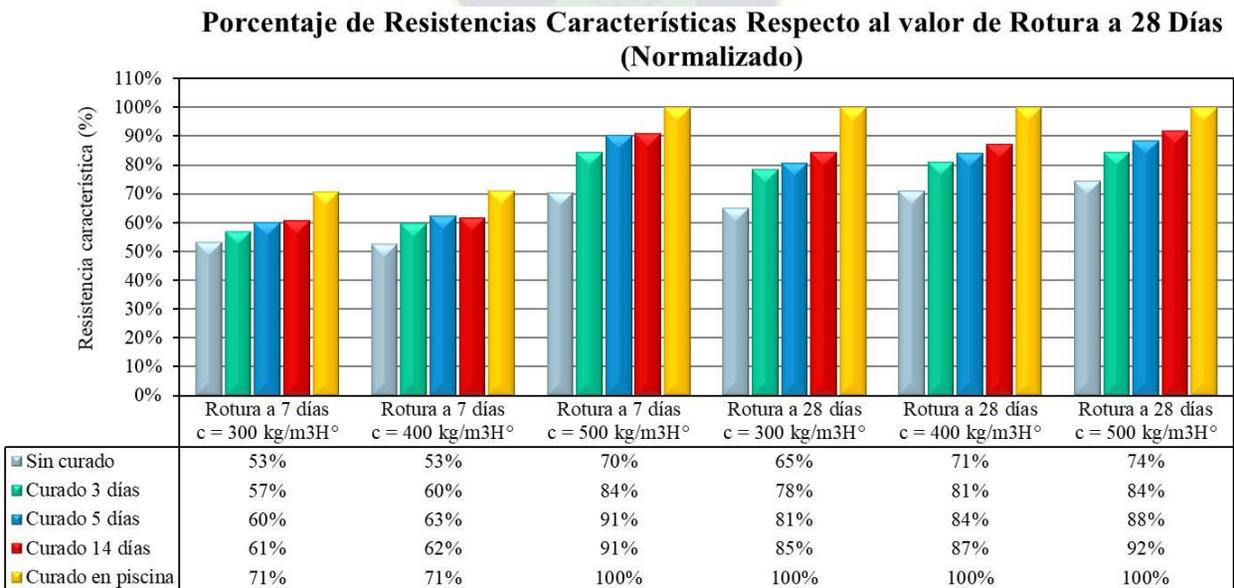
Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra los porcentajes de resistencias características a compresión respecto al valor de compresión del curado normalizado para una frecuencia de 3 riegos por día.

Figura 13

Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 28 días (normalizado), con una frecuencia de 6 riegos por día



Nota. En la gráfica se muestra los porcentajes de resistencias características a compresión respecto al valor de compresión del curado normalizado para una frecuencia de 6 riegos por día.

6.5 Porcentajes de Resistencias Características a Compresión con Relación al Valor de la Resistencia a 7 y 28 Días de Rotura (Normalizado).

Tabla 56

Porcentaje de resistencias características respecto al valor de rotura a 7 y 28 días (normalizado), con una frecuencia de 3 y 6 riegos por día

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días	Rotura 28 días	Rotura 7 días	Rotura 28 días
	Consumo de 300 kg/m³H°		Consumo de 300 kg/m³H°	
0	75%	65%	75%	65%
3	80%	75%	80%	78%
5	85%	78%	85%	81%
14	86%	81%	86%	85%
H	100%	100%	100%	100%
	Consumo de 400 kg/m³H°		Consumo de 400 kg/m³H°	
0	74%	71%	74%	71%
3	80%	79%	84%	81%
5	83%	81%	88%	84%
14	83%	84%	87%	87%
H	100%	100%	100%	100%
	Consumo de 500 kg/m³H°		Consumo de 500 kg/m³H°	
0	70%	74%	70%	74%
3	82%	80%	84%	84%
5	84%	85%	91%	88%
14	85%	88%	91%	92%
H	100%	100%	100%	100%

Nota. En la tabla se muestra el porcentaje de las resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón con curado intermitente tradicional en obra respecto al valor de rotura a 7 y 28 días (normalizado).

6.6 Modelo Matemático

6.6.1 Curvas Ajustadas

6.6.1.1 Consumo de Cemento 300 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 3 y 6 Riegos por Día

Tabla 57

Modelo Matemático para consumo de cemento de 300 kg/m³H° y frecuencia de 3 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> 5.58E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> 6.24E-05	0	0.0	0.0
<i>b</i> 1.915572	7	12.3	12.3	<i>b</i> 3.960761	7	13.1	13.1
<i>c</i> 16.540433	28	15.0	15.0	<i>c</i> 18.934713	28	17.3	17.3
<i>d</i> 0.880970	91		16.0	<i>d</i> 1.122829	91		18.5
	182		16.2		182		18.7
<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -2.84E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> 8.61E-05	0	0.0	0.0
<i>b</i> 3.269512	7	13.9	13.9	<i>b</i> 3.896286	7	14.2	14.2
<i>c</i> 19.756427	28	18.0	18.0	<i>c</i> 20.459999	28	18.7	18.7
<i>d</i> 1.053052	91		19.2	<i>d</i> 1.119628	91		20.0
	182		19.5		182		20.2
<u>Curado en Piscina</u>				<u>Ecuación del Modelo Matemático</u>			
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)				
<i>a</i> -2.02E-05	0	0.0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$ <p><i>f(x)</i>: Resistencia del hormigón en, MPa <i>a, b, c</i> y <i>d</i>: Constante <i>x</i>: Edad del hormigón en, días</p>			
<i>b</i> 6.702438	7	16.4	16.4				
<i>c</i> 25.296726	28	23.2	23.2				
<i>d</i> 1.291999	91		24.8				
	182		25.1				

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 300 kg/m³H° y con una frecuencia de 3 riegos por día.

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 58

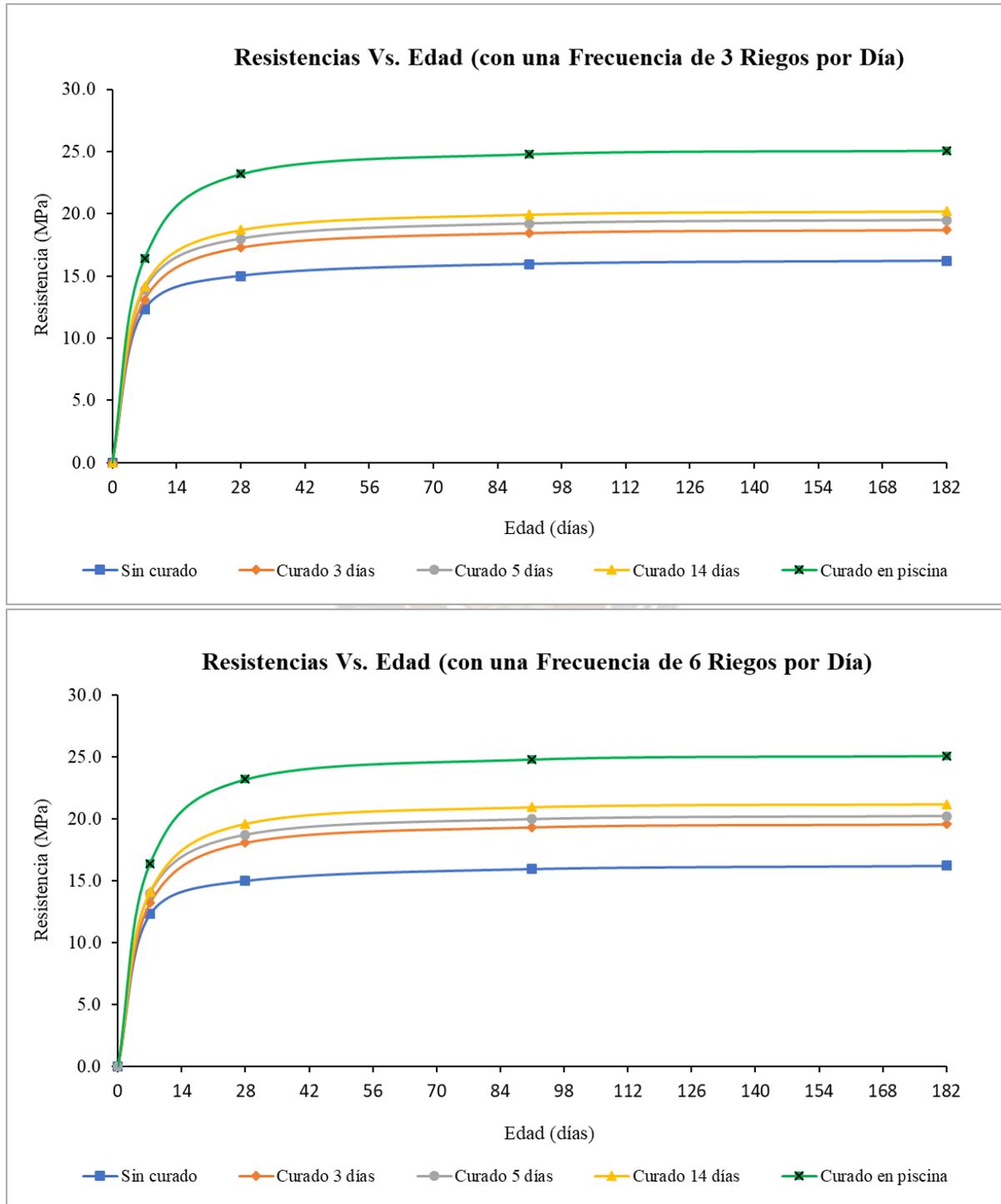
Modelo Matemático para consumo de cemento de 300 kg/m³H° y frecuencia de 6 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> 5.58E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> -8.77E-05	0	0.0	0.0
<i>b</i> 1.915572	7	12.3	12.3	<i>b</i> 5.270838	7	13.2	13.2
<i>c</i> 16.540433	28	15.0	15.0	<i>c</i> 19.761336	28	18.1	18.1
<i>d</i> 0.880970	91		16.0	<i>d</i> 1.213582	91		19.3
	182		16.2		182		19.6
<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> 7.76E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> -7.85E-05	0	0.0	0.0
<i>b</i> 4.381852	7	14.0	14.0	<i>b</i> 5.928703	7	14.1	14.1
<i>c</i> 20.437680	28	18.7	18.7	<i>c</i> 21.359762	28	19.6	19.6
<i>d</i> 1.158350	91		20.0	<i>d</i> 1.255899	91		20.9
	182		20.2		182		21.2
<u>Curado en Piscina</u>				<u>Ecuación del Modelo Matemático</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)				
<i>a</i> -2.02E-05	0	0.0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$ <p><i>f(x)</i>: Resistencia del hormigón en, MPa <i>a, b, c</i> y <i>d</i>: Constante <i>x</i>: Edad del hormigón en, días</p>			
<i>b</i> 6.702438	7	16.4	16.4				
<i>c</i> 25.296726	28	23.2	23.2				
<i>d</i> 1.291999	91		24.8				
	182		25.1				

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 300 kg/m³H° y con una frecuencia de 6 riegos por día.

Figura 14

Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de $300 \text{ kg/m}^3 H^\circ$, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día



Nota. En las figuras se muestran las curvas resistencia a compresión versus edad del hormigón, proyectadas con la ecuación del modelo matemático.

6.6.1.2 Consumo de Cemento 400 kg/m³H^o, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día

Tabla 59

Modelo Matemático para consumo de cemento de 400 kg/m³H^o y frecuencia de 3 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -1.38E-04	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.33E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 4.454063	7	16.0	16.0	<i>b</i> 5.734055	7	17.3	17.3
<i>c</i> 23.510928	28	21.5	21.5	<i>c</i> 26.198590	28	24.0	24.0
<i>d</i> 1.156538	91		23.0	<i>d</i> 1.239298	91		25.6
	182		23.3		182		26.0
<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -1.16E-04	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.50E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 5.270928	7	17.9	17.9	<i>b</i> 7.277482	7	17.9	17.9
<i>c</i> 26.711317	28	24.5	24.5	<i>c</i> 27.867480	28	25.6	25.6
<i>d</i> 1.218596	91		26.1	<i>d</i> 1.321000	91		27.4
	182		26.5		182		27.7
<u>Curado en Piscina</u>				<u>Ecuación del Modelo Matemático</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)				
<i>a</i> -1.92E-04	0	0.0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$ <p><i>f(x)</i>: Resistencia del hormigón en, MPa <i>a, b, c</i> y <i>d</i>: Constante <i>x</i>: Edad del hormigón en, días</p>			
<i>b</i> 6.469382	7	21.6	21.6				
<i>c</i> 33.114634	28	30.4	30.4				
<i>d</i> 1.282946	91		32.5				
	182		32.8				

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 400 kg/m³H^o y con una frecuencia de 3 riegos por día.

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 60

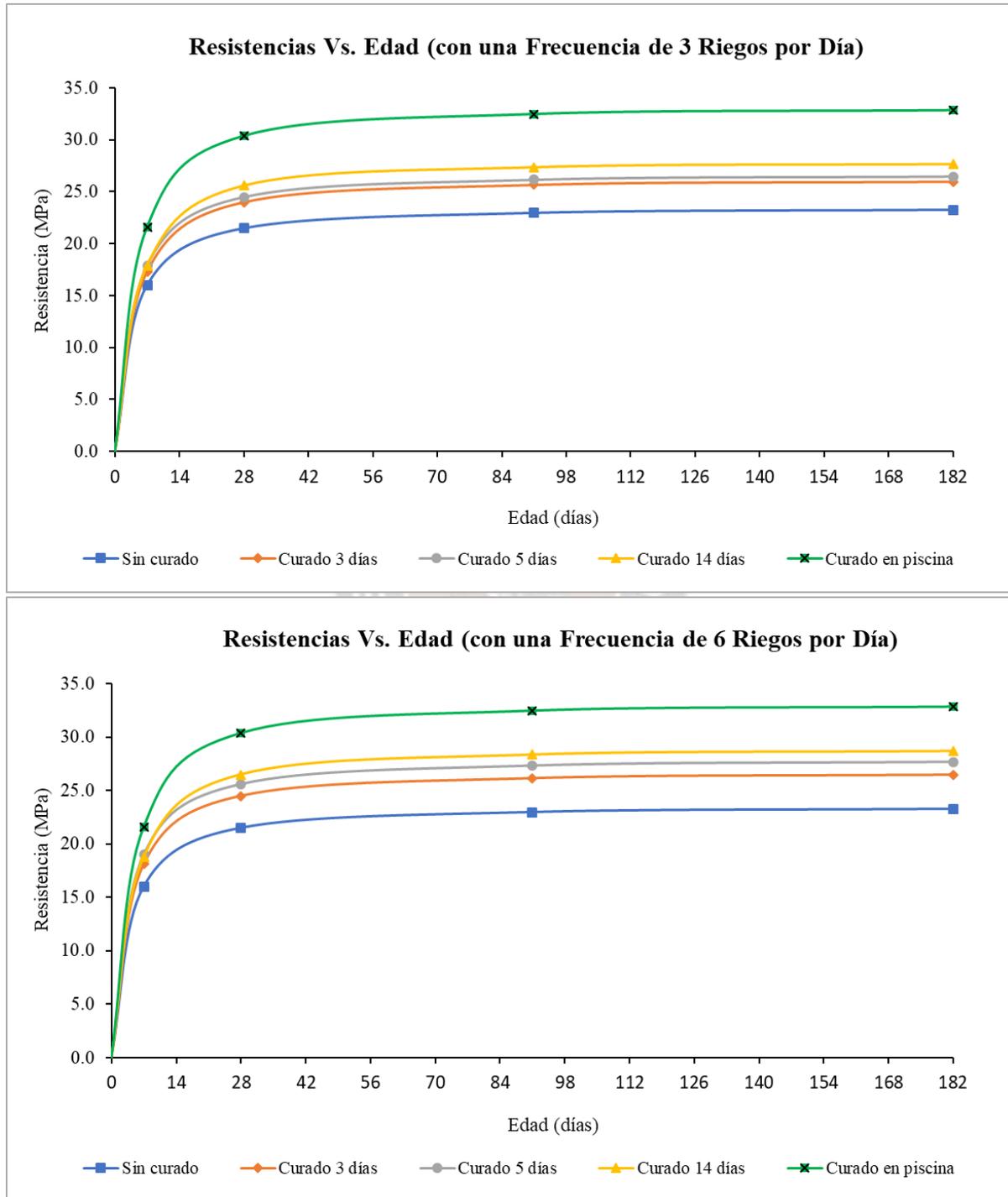
Modelo Matemático para consumo de cemento de 400 kg/m³H° y frecuencia de 6 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -1.38E-04	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.01E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 4.454063	7	16.0	16.0	<i>b</i> 4.827184	7	18.1	18.1
<i>c</i> 23.510928	28	21.5	21.5	<i>c</i> 26.730872	28	24.5	24.5
<i>d</i> 1.156538	91		23.0	<i>d</i> 1.189736	91		26.1
	182		23.3		182		26.5
<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -6.92E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.04E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 4.627120	7	19.0	19.0	<i>b</i> 6.466307	7	18.8	18.8
<i>c</i> 27.964371	28	25.6	25.6	<i>c</i> 28.911643	28	26.5	26.5
<i>d</i> 1.173390	91		27.3	<i>d</i> 1.278057	91		28.3
	182		27.7		182		28.7
<u>Curado en Piscina</u>				<u>Ecuación del Modelo Matemático</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)				
<i>a</i> -1.92E-04	0	0.0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$ <p><i>f(x)</i>: Resistencia del hormigón en, MPa <i>a, b, c</i> y <i>d</i>: Constante <i>x</i>: Edad del hormigón en, días</p>			
<i>b</i> 6.469382	7	21.6	21.6				
<i>c</i> 33.114634	28	30.4	30.4				
<i>d</i> 1.282946	91		32.5				
	182		32.8				

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 400 kg/m³H° y con una frecuencia de 6 riegos por día.

Figura 15

Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de $400 \text{ kg/m}^3 H^\circ$, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día



Nota. En las figuras se muestran las curvas resistencia a compresión versus edad del hormigón, proyectadas con la ecuación del modelo matemático.

6.6.1.3 Consumo de Cemento 500 kg/m³H°, con Curado Intermitente de 3 Riegos por Día

Tabla 61

Modelo Matemático para consumo de cemento de 500 kg/m³H° y frecuencia de 3 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -8.70E-05	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.25E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 10.496353	7	15.9	15.9	<i>b</i> 6.347672	7	18.4	18.4
<i>c</i> 25.923816	28	23.9	23.9	<i>c</i> 28.091882	28	25.8	25.8
<i>d</i> 1.445351	91		25.5	<i>d</i> 1.279308	91		27.5
	182		25.8		182		27.9

<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i> -1.33E-04	0	0.0	0.0	<i>a</i> -1.42E-04	0	0.0	0.0
<i>b</i> 7.587662	7	19.1	19.1	<i>b</i> 9.035418	7	19.2	19.2
<i>c</i> 29.772611	28	27.4	27.4	<i>c</i> 30.760263	28	28.3	28.3
<i>d</i> 1.340641	91		29.2	<i>d</i> 1.391997	91		30.2
	182		29.6		182		30.6

<u>Curado en Piscina</u>				Ecuación del Modelo Matemático
Coefficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	
<i>a</i> -1.84E-04	0	0.0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$
<i>b</i> 7.014506	7	22.6	22.6	
<i>c</i> 34.909977	28	32.1	32.1	<i>f(x)</i> : Resistencia del hormigón en, MPa
<i>d</i> 1.313429	91		34.3	<i>a, b, c y d</i> : Constante
	182		34.6	<i>x</i> : Edad del hormigón en, días

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 500 kg/m³H° y con una frecuencia de 3 riegos por día.

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 62

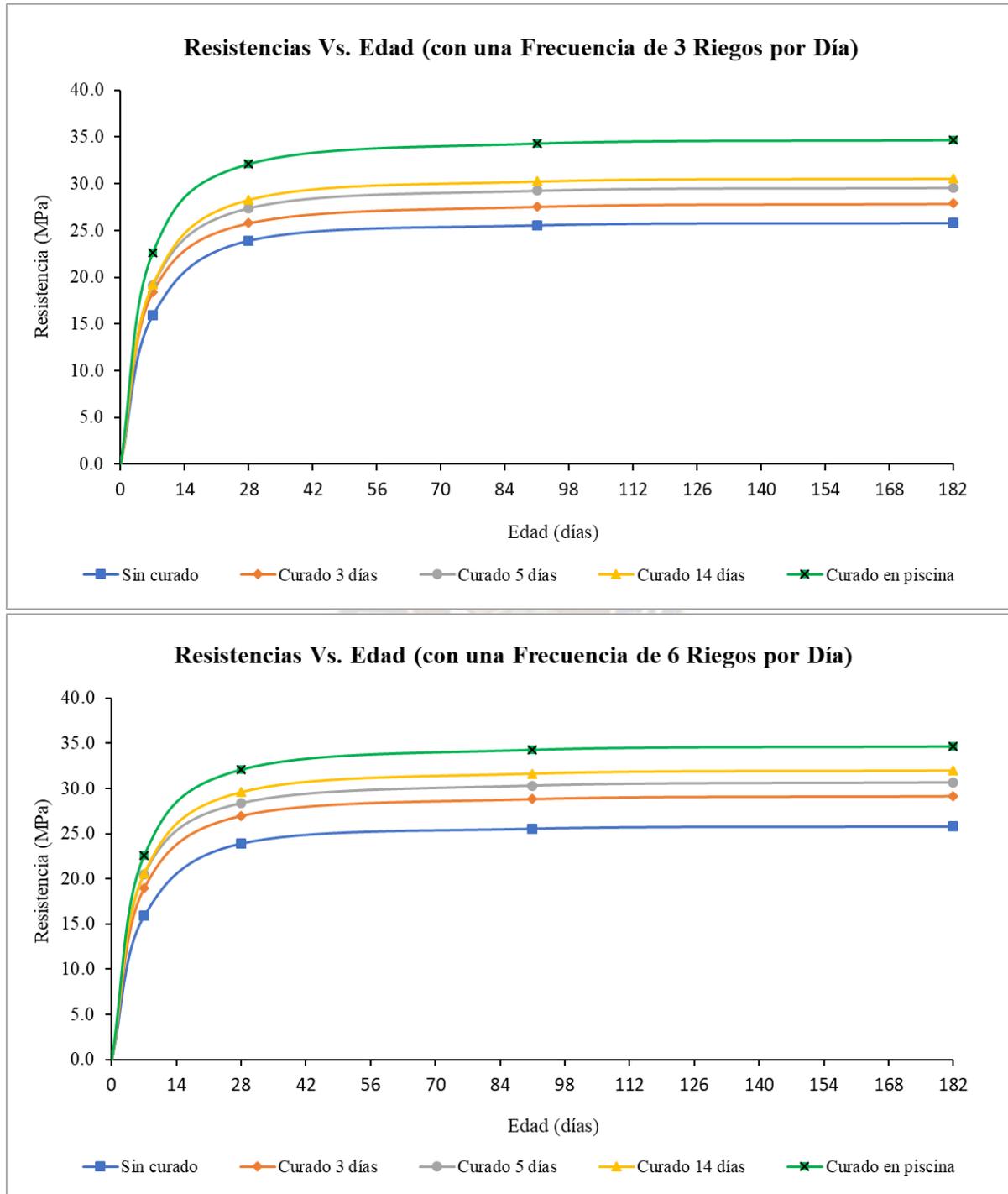
Modelo Matemático para consumo de cemento de 500 kg/m³H° y frecuencia de 6 riegos por día

<u>Sin curado</u>				<u>3 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i>	-8.70E-05	0	0.0	<i>a</i>	-1.18E-04	0	0.0
<i>b</i>	10.496353	7	15.9	<i>b</i>	6.986265	7	19.0
<i>c</i>	25.923816	28	23.9	<i>c</i>	29.391563	28	27.0
<i>d</i>	1.445351	91	25.5	<i>d</i>	1.309215	91	28.8
		182	25.8			182	29.2
<u>5 días de Curado</u>				<u>14 días de Curado</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)	Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)
<i>a</i>	-6.07E-05	0	0.0	<i>a</i>	-8.45E-05	0	0.0
<i>b</i>	5.812124	7	20.5	<i>b</i>	7.581296	7	20.6
<i>c</i>	30.918025	28	28.4	<i>c</i>	32.209256	28	29.6
<i>d</i>	1.250872	91	30.3	<i>d</i>	1.335781	91	31.6
		182	30.7			182	32.0
<u>Curado en Piscina</u>				<u>Ecuación del Modelo Matemático</u>			
Coeficiente	Edad (días)	Resistencia real (MPa)	Resistencia del modelo (MPa)				
<i>a</i>	-1.84E-04	0	0.0	$f(x) = \frac{a \cdot b + c \cdot x^d}{b + x^d}$ <p><i>f(x)</i>: Resistencia del hormigón en, MPa <i>a, b, c y d</i>: Constante <i>x</i>: Edad del hormigón en, días</p>			
<i>b</i>	7.014506	7	22.6				
<i>c</i>	34.909977	28	32.1				
<i>d</i>	1.313429	91	34.3				
		182	34.6				

Nota: En la tabla se muestra los valores de los coeficientes del modelo matemático para un consumo de cemento de 500 kg/m³H° y con una frecuencia de 6 riegos por día.

Figura 16

Gráficas de las curvas del modelo matemático para un consumo de cemento de $500 \text{ kg/m}^3 H^\circ$, resistencia a compresión versus edad del hormigón y frecuencias de 3 y 6 riegos por día



Nota. En las figuras se muestran las curvas resistencia a compresión versus edad del hormigón, proyectadas con la ecuación del modelo matemático.

6.7 Resistencias Características para los Tres Consumos de Cemento

Tabla 63

Resumen de resistencias características por consumo de cemento

Consumo (kg/m³H°)	f 'c [6 - 7]* (MPa)	f 'c [27 - 28]* (MPa)
300	16.41	23.17
400	21.58	30.37
500	22.60	32.14

* f 'c [Días de curado - Días de rotura]

Nota: En la tabla se muestra las resistencias características de las probetas normalizadas.

6.8 Resistencia en Función del Consumo del Cemento

6.8.1 Comparación de Resistencias Características con una Frecuencia de 3 Riegos por Día

Al analizar la Tabla 55, se evidencia que no se llega a la resistencia normalizada. Una solución alternativa para mejorar la resistencia consiste en aumentar el consumo de cemento. Teniendo los valores de resistencia para los tres consumos de cementos se hace una comparación para saber si el incremento de resistencia es significativo.

Tabla 64

Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 400 respecto al de 300 kg/m³H°

Curado	Rotura 7 (días)	Rotura 28 (días)
<u>Resitencias (MPa)</u>		
0	15.97	21.54
3	17.28	23.95
5	17.95	24.47
14	17.92	25.60
H*	16.41	23.17
<u>Porcentajes</u>		
0	69%	93%
3	75%	103%
5	77%	106%
14	77%	110%
H*	71%	100%

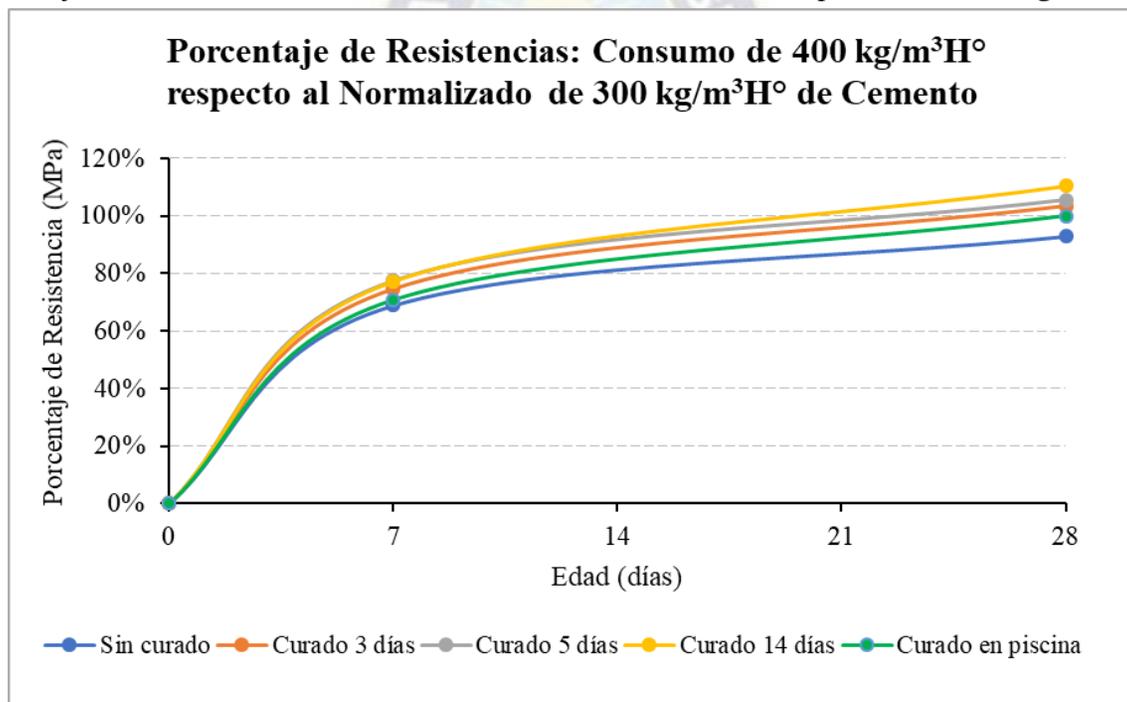
* Curado normalizado, cemento = 300 kg

Nota: En la tabla se muestra un resumen de resistencias características y porcentajes, para consumo de cemento de $400 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ con curado intermitente y consumo de cemento de $300 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ con curado normalizado.

En la Tabla 64 se presenta la comparación de resistencias características obtenidas con un consumo de $400 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ (con curados intermitentes de 0, 3, 5 y 14 días) en comparación con el de $300 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ (curado en piscina). Se aprecia claramente que hay un aumento significativo en la resistencia, por lo que esta opción se plantea como una alternativa viable, excepto en que del curado intermitente de 0 días.

Figura 17

Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 400 respecto al de $300 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$



Nota. En la figura se muestra las curvas de porcentaje de Resistencia vs. Edad, para cada método de curado.

En la Tabla 65 se presenta la comparación de resistencias características obtenidas con un consumo de $500 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ (con curados intermitentes de 0, 3, 5 y 14 días) en comparación con el de $400 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ$ (curado en piscina). Se concluye que no resulta beneficioso aumentar el consumo de cemento.

Tabla 65

Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 500 respecto al de 400 kg/m³H°

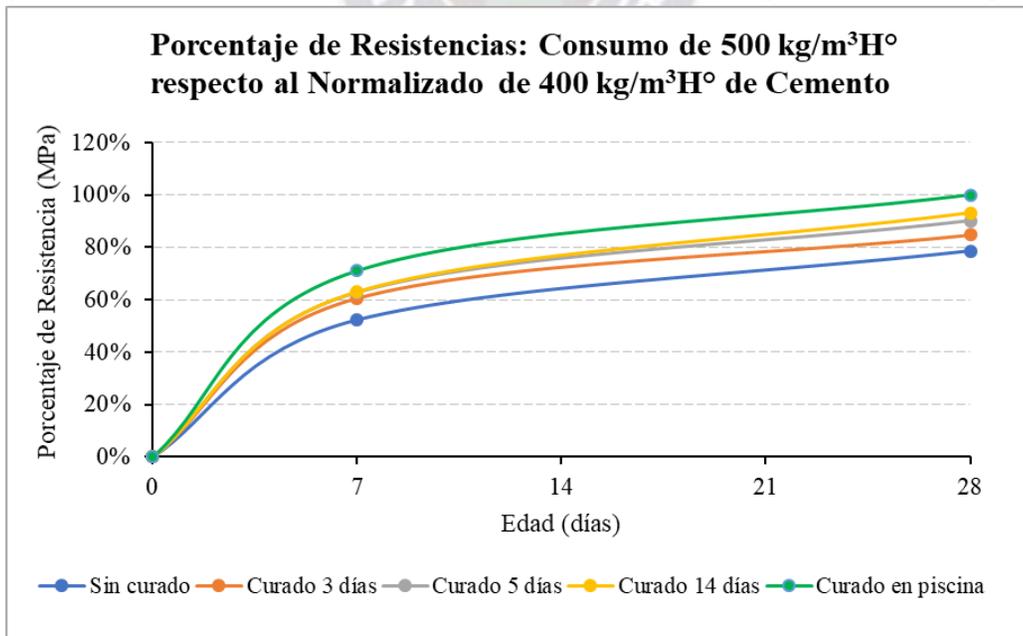
Curado	Rotura 7 (días)	Rotura 28 (días)
Resistencias (MPa)		
0	15.89	23.86
3	18.44	25.77
5	19.09	27.39
14	19.16	28.30
H*	21.58	30.37
Porcentajes		
0	52%	79%
3	61%	85%
5	63%	90%
14	63%	93%
H*	71%	100%

* Curado normalizado, cemento = 400 kg

Nota: En la tabla se muestra un resumen de resistencias características y porcentajes, para consumo de cemento de 500 kg/m³H° con curado intermitente y consumo de cemento de 400 kg/m³H° con curado normalizado.

Figura 18

Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 500 respecto al de 400 kg/m³H°



Nota. En la figura se muestra las curvas de porcentaje de Resistencia vs. Edad, para cada método de curado.

6.8.2 Comparación de Resistencias Características con una Frecuencia de 6 Riegos por Día

Al analizar la Tabla 55, se evidencia que no se llega a la resistencia normalizada. Una solución alternativa para mejorar la resistencia consiste en aumentar el consumo de cemento. Teniendo los valores de resistencia para los tres consumos de cementos se hace una comparación para saber si el incremento de resistencia es significativo.

En la Tabla 66 se presenta la comparación de resistencias características obtenidas con un consumo de 400 kg/m³H° (con curados intermitentes de 0, 3, 5 y 14 días) en comparación con el de 300 kg/m³H° (curado en piscina). Se aprecia claramente que hay un aumento significativo en la resistencia, por lo que esta opción se plantea como una alternativa viable, excepto en que del curado intermitente de 0 días.

Tabla 66

Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 400 respecto al de 300 kg/m³H°

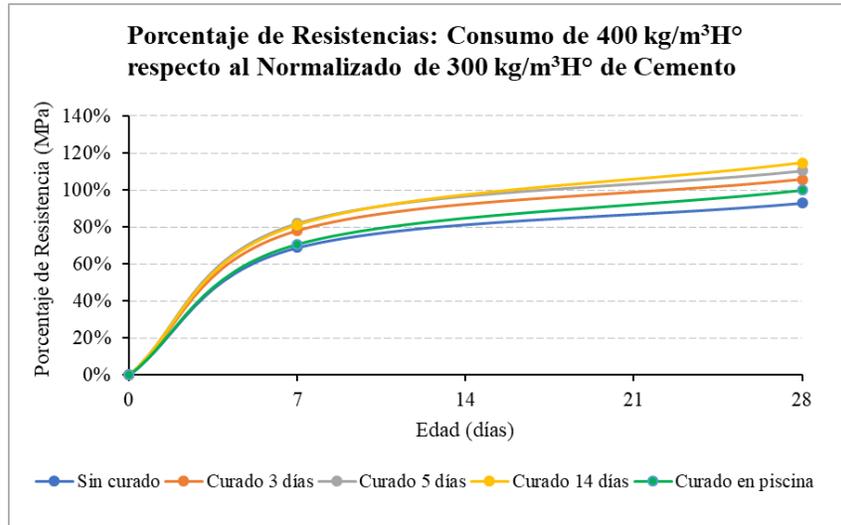
Curado	Rotura 7 (días)	Rotura 28 (días)
<u>Resistencias (MPa)</u>		
0	15.97	21.54
3	18.09	24.50
5	18.99	25.56
14	18.80	26.55
H*	16.41	23.17
<u>Porcentajes</u>		
0	69%	93%
3	78%	106%
5	82%	110%
14	81%	115%
H*	71%	100%

* Curado normalizado, cemento = 300 kg

Nota: En la tabla se muestra un resumen de resistencias características y porcentajes, para consumo de cemento de 400 kg/m³H° con curado intermitente y consumo de cemento de 300 kg/m³H° con curado normalizado.

Figura 19

Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 400 respecto al de 300 kg/m³H°



Nota. En la figura se muestra las curvas de porcentaje de Resistencia vs. Edad, para cada método de curado.

En la Tabla 67 se presenta la comparación de resistencias características obtenidas con un consumo de 500 kg/m³H° (con curados intermitentes de 0, 3, 5 y 14 días) en comparación con el de 400 kg/m³H° (curado en piscina). Se concluye que no resulta beneficioso aumentar el consumo de cemento.

Tabla 67

Valores de resistencias y porcentajes para consumos de cementos, 500 respecto al de 400 kg/m³H°

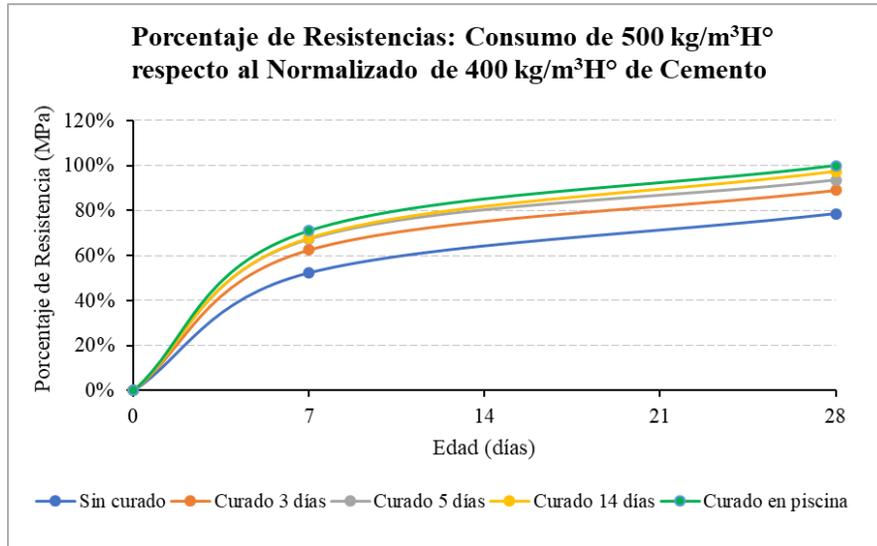
Curado	Rotura 7 (días)	Rotura 28 (días)
Resitencias (MPa)		
0	15.89	23.86
3	19.00	27.04
5	20.47	28.43
14	20.59	29.59
H*	21.58	30.37
Porcentajes		
0	52%	79%
3	63%	89%
5	67%	94%
14	68%	97%
H*	71%	100%

* Curado normalizado, cemento = 400 kg

Nota: En la tabla se muestra un resumen de resistencias características y porcentajes, para consumo de cemento de 500 kg/m³H° con curado intermitente y consumo de cemento de 400 kg/m³H° con curado normalizado.

Figura 20

Porcentaje de Resistencia vs. Edad, consumo de cemento de 500 respecto al de 400 kg/m³H°



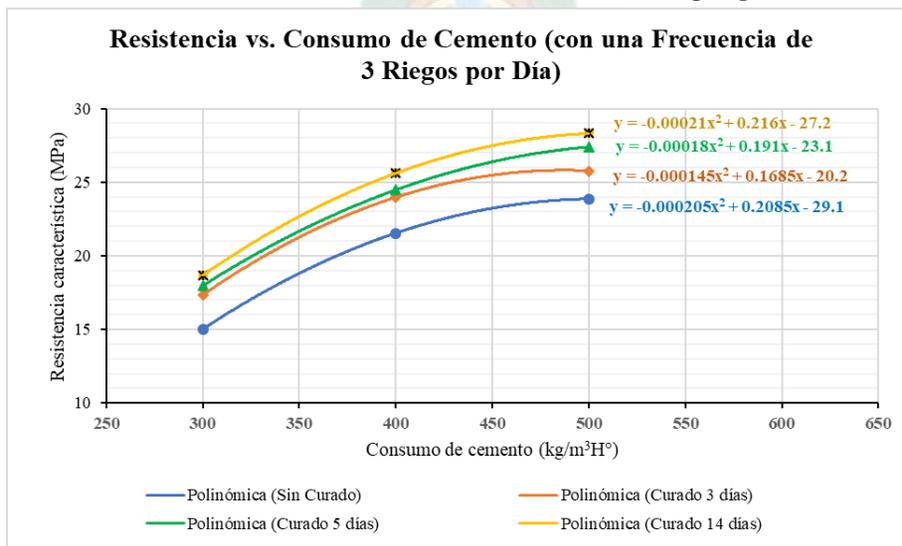
Nota. En la figura se muestra las curvas de porcentaje de Resistencia vs. Edad, para cada método de curado.

6.9 Gráficas Resistencias Características versus Consumos de Cemento para Frecuencias de 3 y 6 Riegos por Día

Para determinar la resistencia correspondiente a consumos de cemento entre 300 y 500 kg/m³H°, podemos obtener los valores mediante interpolación o leer directamente de las gráficas a continuación, que representan diversos curados intermitentes tradicionales en obra.

Figura 21

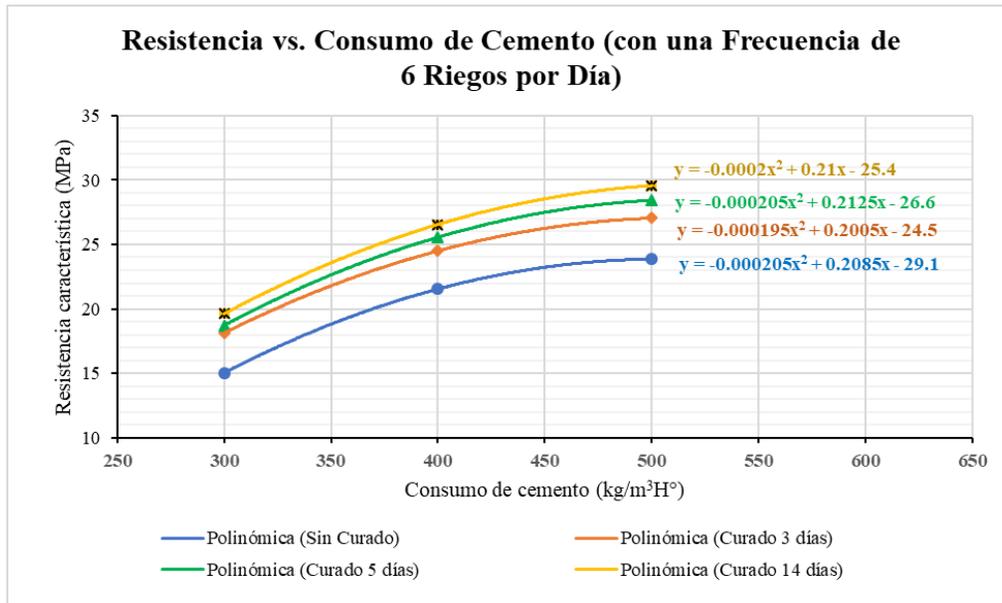
Resistencia vs. Consumo de Cemento con una Frecuencia de 3 Riegos por Día



Nota. En la figura se muestra las curvas Resistencia vs. Consumo de cemento. Con el propósito de obtener valores de resistencia para diversas cantidades de consumo de cemento.

Figura 22

Resistencia vs. Consumo de Cemento con una Frecuencia de 6 Riegos por Día



Nota. En la figura se muestra las curvas Resistencia vs. Consumo de cemento. Con el propósito de obtener valores de resistencia para diversas cantidades de consumo de cemento.

6.10 Comparación de Resistencias Características, con 3 Tipos de Cemento

En este acápite se realiza una comparación de las resistencias características obtenidas con tres tipos de cemento, como se detalla a continuación.

- CEMENTO 1: Viacha Estándar IP-30. Tomado del proyecto de grado *Cerruto, Huanca*. EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO VIACHA ESTÁNDAR IP-30, DISPONIBLE EN LA CIUDAD DE LA PAZ, 2024.
- CEMENTO 2: Viacha Especial IP-40. Tomado del proyecto de grado *Cerruto, Tinta*. EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO VIACHA ESPECIAL IP-40, DISPONIBLE EN LA CIUDAD DE LA PAZ, 2024.

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

- CEMENTO 3: ECEBOL IP-40

Tabla 68

CEMENTO 1. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)
	Consumo de 300 kg/m³H°		Consumo de 300 kg/m³H°	
0	8.3	12.4	8.3	12.4
3	8.6	13.5	8.8	13.6
5	8.9	13.9	9.1	14.1
14	8.9	14.2	9.2	14.5
H	9.9	15.7	9.9	15.7
	Consumo de 400 kg/m³H°		Consumo de 400 kg/m³H°	
0	9.8	15.5	9.8	15.5
3	11.1	15.8	11.4	16.2
5	11.6	16.4	11.7	16.7
14	11.5	16.9	11.8	17.0
H	14.4	18.9	14.4	18.9
	Consumo de 500 kg/m³H°		Consumo de 500 kg/m³H°	
0	10.8	15.7	10.8	15.7
3	11.6	16.2	11.7	16.8
5	12.5	17.1	12.5	17.4
14	12.5	17.9	12.5	17.9
H	14.7	20.6	14.7	20.6

Nota. En la tabla se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento. Tomado de *Huanca Mamani* (p.65), 2024.

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla 69

CEMENTO 2. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)
	Consumo de 300 kg/m³H^o		Consumo de 300 kg/m³H^o	
0	11.2	15.5	11.2	15.5
3	12.2	16.4	13.5	17.0
5	14.2	17.2	14.5	18.2
14	14.0	18.1	15.0	19.1
H	16.5	21.4	16.5	21.4
	Consumo de 400 kg/m³H^o		Consumo de 400 kg/m³H^o	
0	14.5	21.3	14.5	21.3
3	15.9	21.9	16.6	23.1
5	17.4	22.1	18.6	23.5
14	17.6	23.3	18.6	24.6
H	20.1	27.6	20.1	27.6
	Consumo de 500 kg/m³H^o		Consumo de 500 kg/m³H^o	
0	16.4	19.7	16.4	19.7
3	17.1	20.5	17.8	22.4
5	17.4	22.0	17.8	22.9
14	17.3	23.6	18.0	24.8
H	19.1	27.1	19.1	27.1

Nota. En la tabla se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento. Tomado de *Tinta Quispe* (p.67), 2024.

Tabla 70

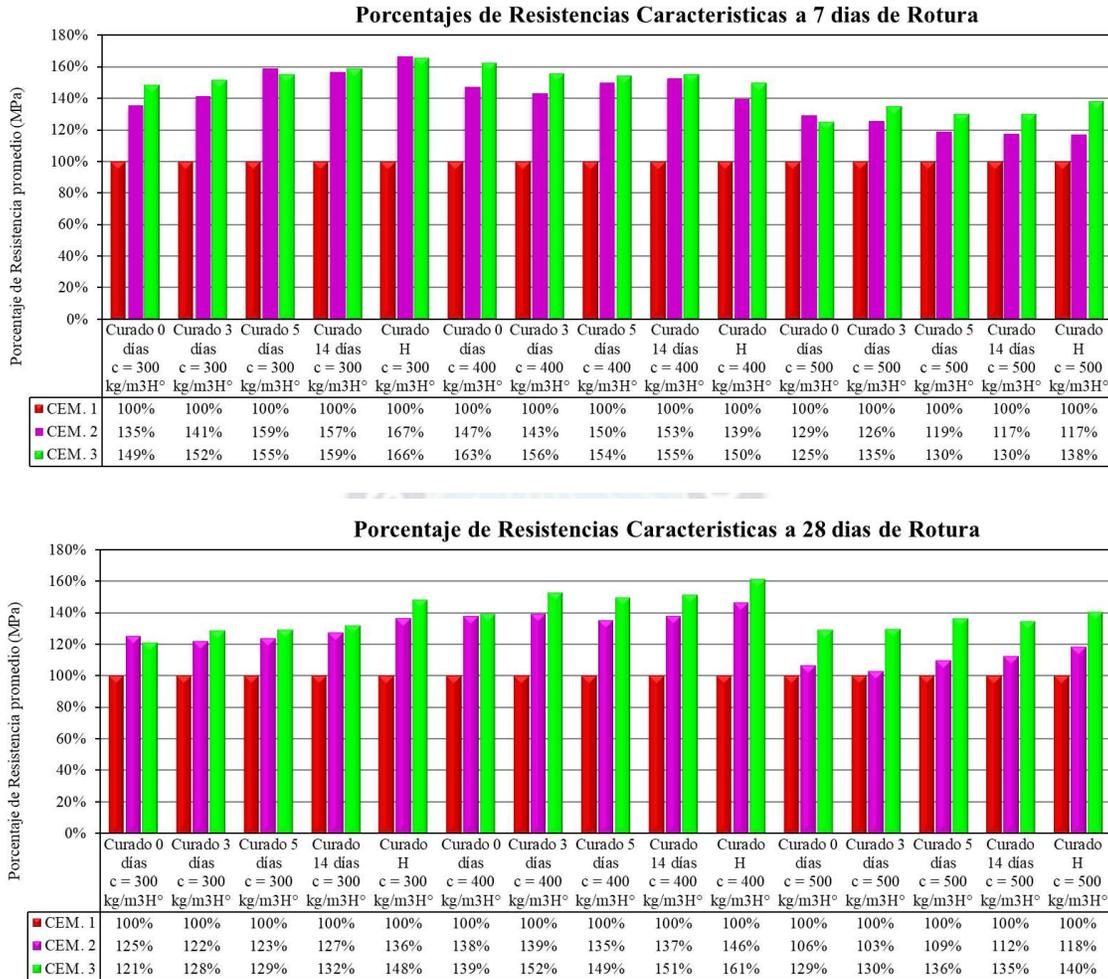
CEMENTO 3. Resumen de resistencias características a compresión obtenida para cada consumo de cemento y frecuencia de regado

Curado (días)	<u>Para 3 riegos por día</u>		<u>Para 6 riegos por día</u>	
	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)	Rotura 7 días (MPa)	Rotura 28 días (MPa)
	Consumo de 300 kg/m³H°		Consumo de 300 kg/m³H°	
0	12.3	15.0	12.3	15.0
3	13.1	17.3	13.2	18.1
5	13.9	18.0	14.0	18.7
14	14.2	18.7	14.1	19.6
H	16.4	23.2	16.4	23.2
	Consumo de 400 kg/m³H°		Consumo de 400 kg/m³H°	
0	16.0	21.5	16.0	21.5
3	17.3	24.0	18.1	24.5
5	17.9	24.5	19.0	25.6
14	17.9	25.6	18.8	26.5
H	21.6	30.4	21.6	30.4
	Consumo de 500 kg/m³H°		Consumo de 500 kg/m³H°	
0	15.9	23.9	15.9	23.9
3	18.4	25.8	19.0	27.0
5	19.1	27.4	20.5	28.4
14	19.2	28.3	20.6	29.6
H	22.6	32.1	22.6	32.1

Nota. En la tabla se muestra las resistencias características a compresión para las diferentes condiciones de curado, edad de rotura y consumo de cemento.

Figura 23

Comparación de Resistencias entre los tres tipos de cemento para una frecuencia de 3 riegos por día.



Nota. En la figura se muestra los porcentajes de resistencia respecto al CEMENTO 1.

Capítulo 7 Aplicación y Análisis de Costos

7.1 Aplicación

Para una mejor comprensión de los resultados de esta investigación, tomamos un caso hipotético una obra en proceso de construcción, donde se empleó los procedimientos tradicionales de curado intermitente en 20 columnas de hormigón armado. Estas columnas tienen una sección 25 cm por 30 cm y una altura de 2.8 metros.

Con el fin de proporcionar una representación más detallada del caso de aplicación, se muestra el plano en planta, de las columnas y vigas (Figura 24).

Para determinar el costo de curado, se llevó a cabo el curado intermitente tradicional como se muestra en la Figura 24. en todas las columnas mencionadas anteriormente, y los resultados se presentan en la Tabla 71.

Figura 24

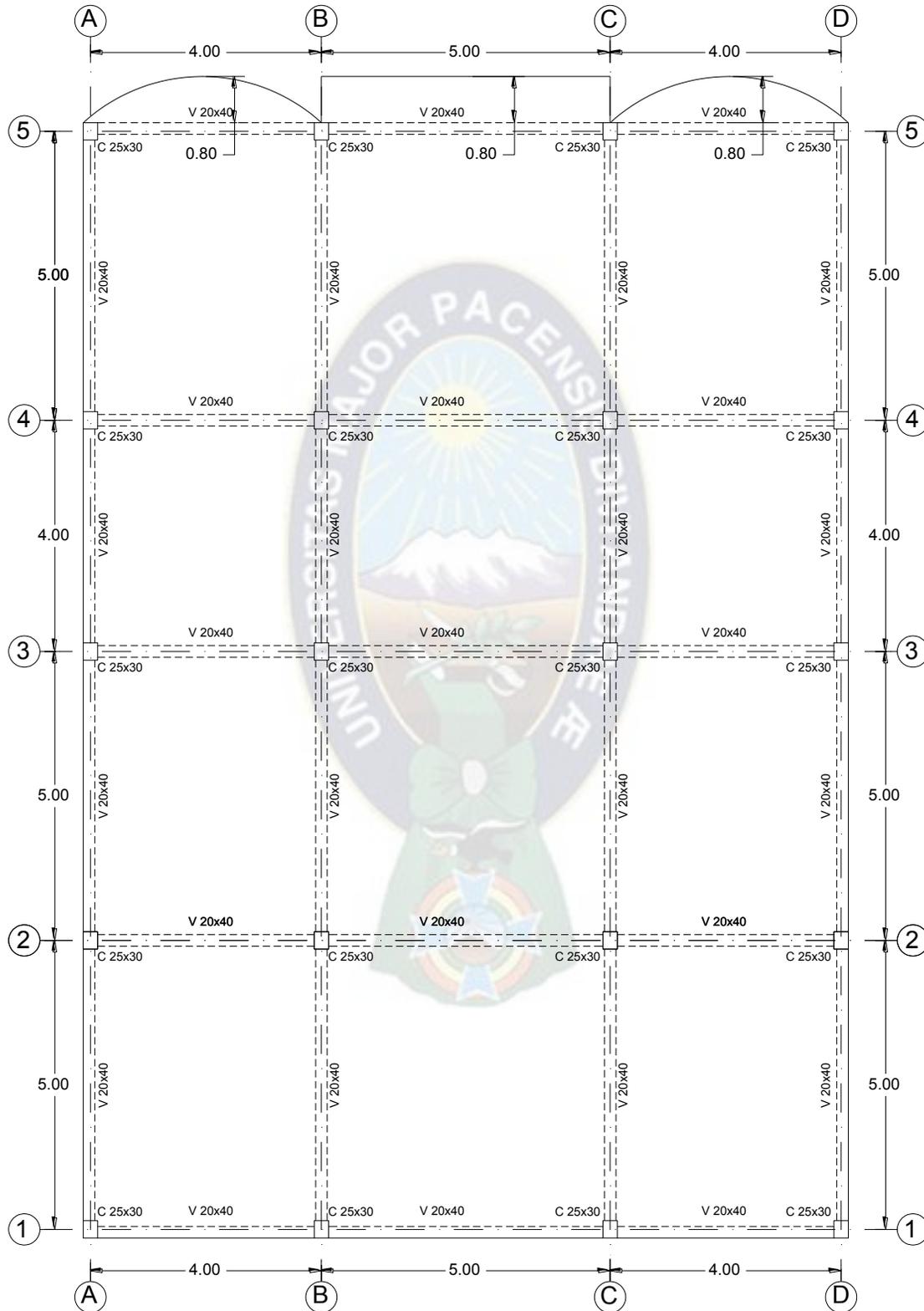
Esquema del proceso del curado intermitente tradicional en obra



Nota. En la imagen, se observa a un trabajador aplicando agua a una columna mediante el uso de una manguera. Tomado de *Manual de construcción aceros Arequipa*.

Figura 25

Plano de vista en planta de columnas y vigas (ESC 1:100)



Nota. En la figura se muestra la disposición de las columnas.

Tabla 71

Costo de curado para un solo riego en 20 columnas

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Bs)	Costo (Bs)
Material				
Agua	m ³	0.400	10.00	4.00
Mano de obra				
Ayudante	hr	0.556	15.00	8.33
Total				12.33

Nota: En la tabla se muestra el costo para un riego en 20 columnas de 2.8 metros de altura y sección 25 cm por 30 cm.

Para determinar el costo total del curado intermitente, se consideraron el costo total del material, la mano de obra, la frecuencia de riego (3 y 6 riegos), y el tiempo de curado en días.

Tabla 72

Costo total del curado al aplicar los procedimientos tradicionales en obra para todas las columnas

Método de Curado	Tiempo de curado (días)	Costo total (Bs)
Curado al aire	0	0.00
Curado por riego intermitente (3 riegos por día)	3 5 14	148.50 247.50 693.00
Curado por riego intermitente (6 riegos por día)	3 5 14	297.00 495.00 1386.00

Nota: En la tabla se muestra el costo para los diversos curados intermitentes, considerando todas las columnas.

En las Tablas 73 y 74, se tiene calculado el costo de generar un mega pascal de resistencia a compresión para las 20 columnas. Este costo es el total incluye materiales, mano de obra, equipo, maquinaria, herramientas y costo del curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales en obra. No se considera el transporte, colocado y acabado, ya que esto dependerá de las circunstancias específicas de un proyecto en particular.

Tabla 73

Indicador de Costo/Resistencia (C/R) para curado intermitente con 3 riegos por día

Consumo de cemento	Costo (Bs)	f 'c (MPa)	Resistencia a 28 días (MPa)	Relacion C/R (Bs/MPa)
Sin Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,331.24	23.2	15.0	820.99
400 (kg/m ³ H°)	12,777.58	30.4	21.5	593.20
500 (kg/m ³ H°)	13,215.26	32.1	23.9	553.87
3 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,479.74	23.2	17.3	719.71
400 (kg/m ³ H°)	12,926.08	30.4	24.0	539.26
500 (kg/m ³ H°)	13,363.76	32.1	25.8	518.58
5 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,578.74	23.2	18.0	699.99
400 (kg/m ³ H°)	13,025.08	30.4	24.5	532.29
500 (kg/m ³ H°)	13,462.76	32.1	27.4	491.52
14 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	13,024.24	23.2	18.7	697.23
400 (kg/m ³ H°)	13,470.58	30.4	25.6	526.19
500 (kg/m ³ H°)	13,908.26	32.1	28.3	491.46

Nota: En la tabla se muestra el indicador de C/R para curados intermitentes con 3 riegos por día. Por ejemplo, para un consumo de cemento de 400 kg/m³H°, 3 días de curado y una frecuencia de 3 riegos por día, se invierten Bs. 539.26 para generar un mega pascal de resistencia a compresión en el conjunto de las 20 columnas.

Tabla 74

Indicador de Costo/Resistencia (C/R) para curado intermitente con 6 riegos por día

Consumo de cemento	Costo (Bs)	f 'c (MPa)	Resistencia a 28 días (MPa)	Relacion C/R (Bs/MPa)
Sin Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,331.24	23.2	15.0	820.99
400 (kg/m ³ H°)	12,777.58	30.4	21.5	593.20
500 (kg/m ³ H°)	13,215.26	32.1	23.9	553.87
3 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,628.24	23.2	18.1	696.92
400 (kg/m ³ H°)	13,074.58	30.4	24.5	533.66
500 (kg/m ³ H°)	13,512.26	32.1	27.0	499.71
5 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	12,826.24	23.2	18.7	685.53
400 (kg/m ³ H°)	13,272.58	30.4	25.6	519.27
500 (kg/m ³ H°)	13,710.26	32.1	28.4	482.25
14 días de Curado				
300 (kg/m ³ H°)	13,717.24	23.2	19.6	699.50
400 (kg/m ³ H°)	14,163.58	30.4	26.6	533.47
500 (kg/m ³ H°)	14,601.26	32.1	29.6	493.95

Nota: En la tabla se muestra el indicador de C/R para curados intermitentes con 6 riegos por día. Por ejemplo, para un consumo de cemento de 300 kg/m³H°, 5 días de curado y una frecuencia de 6 riegos por día, se invierten Bs. 685.53 para generar un mega pascal de resistencia a compresión en el conjunto de las 20 columnas.

Con la información de la Tabla 73 se realizó el siguiente análisis. Si se quiere una resistencia de proyecto de 23 MPa con una frecuencia de 3 riegos día, se tiene las siguientes opciones:

- 1) **Sin curado.** Esta resistencia de 23 MPa se logró con un consumo de cemento de 500 kg/m³H°, llegando a 23.9 MPa con un costo total de Bs. 13,215.26.
- 2) **3 días de curado.** Esta resistencia de 23 MPa se logró con un consumo de cemento de 400 kg/m³H°, llegando a 24.0 MPa con un costo total de Bs. 12,926.08.
- 3) **5 días de curado.** Esta resistencia de 23 MPa se logró con un consumo de cemento de 400 kg/m³H°, llegando a 24.5 MPa con un costo total de Bs. 13,025.08.
- 4) **14 días de curado.** Esta resistencia de 23 MPa se logró con un consumo de cemento de 400 kg/m³H°, llegando a 25.6 MPa con un costo total de Bs. 13,470.58.

Claramente se evidencia que la segunda opción es más económica con un consumo de cemento de 400 kg/m³H° durante 3 días con 3 riegos diarios se llega a satisfacer la resistencia de 23 MPa, sólo para este análisis en particular. Si se quiere obtener otras resistencias se puede realizar el mismo análisis. Estos análisis se aplican si se tiene las mismas condiciones del proyecto.

7.1.1 Evaluación

En base al análisis anterior para su mejor comprensión de los resultados de la investigación, una de las alternativas más conveniente consiste en aumentar el consumo de cemento, manteniendo el riego durante 3 días con una frecuencia de 3 riegos diarios, por razones económicas. Pero no se conoce la cantidad de cemento para satisfacer la resistencia buscada, teniendo las curvas resistencia versus consumo de cemento, podemos estimar la cantidad necesaria para llegar a esta resistencia, con este fin se plantea la siguiente evaluación.

Si se quiere obtener una resistencia de 21 MPa, con las condiciones dadas en el anterior párrafo. **¿Qué cantidad de cemento será necesario y cuál será su costo el Bs.?**

Solución:

- De la Figura 21 tenemos la ecuación ajustada para un curado de 3 riegos por día durante 3 días.

$$y = -0.000145x^2 + 0.1685x - 20.2$$

Para $y = 21$ MPa, en la ecuación anterior, se tiene un consumo de cemento de, $x = 350$ kg/m³H°

- Para determinar el costo total de la producción de las columnas con una resistencia de 21 MPa, se realiza el siguiente procedimiento. En base a la Tabla 73, se tiene:

$$\text{Para: } 300 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ \rightarrow \text{Costo} = 12,479.74 \text{ Bs}$$

$$\text{Para: } 400 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ \rightarrow \text{Costo} = 12,926.08 \text{ Bs}$$

Por regla de tres se obtiene un consumo de cemento de 350 kg/m³H°, dando un costo total de Bs. 12,701.41.

¿Qué pasa si no se realiza ningún tipo de curado, para llegar a la misma resistencia?

Solución:

- De la Figura 21 tenemos la ecuación.

$$y = -0.000205x^2 + 0.2085x - 29.1$$

Para $y = 21$ MPa, en la ecuación anterior, se tiene un consumo de cemento de, $x = 390$ kg/m³H°

- Para determinar el costo total de la producción de las columnas con una resistencia de 21 MPa, se realizó el siguiente procedimiento. En base a la Tabla 73, se tiene:

$$\text{Para: } 300 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ \rightarrow \text{Costo} = 12,331.24 \text{ Bs}$$

$$\text{Para: } 400 \text{ kg/m}^3\text{H}^\circ \rightarrow \text{Costo} = 12,777.58 \text{ Bs}$$

Por regla de tres se obtiene para un consumo de cemento de 350 kg/m³H°, dando un costo total de Bs. 12,732.90

Con los resultados de los dos casos anteriores se tiene una diferencia mínima de Bs. 31.49. entonces se concluye que cualquiera de los casos es válido en obras pequeñas, pero en grandes obras el costo aumentará notablemente, en esta situación se elige el primer caso.

7.2 Análisis de costos

En el análisis del precio unitario para un metro cúbico de columna de hormigón armado se consideró materiales, mano de obra, equipo, maquinaria y herramienta. No se considera el

transporte, colocado y acabado, ya que esto dependerá de las circunstancias específicas de un proyecto en particular.

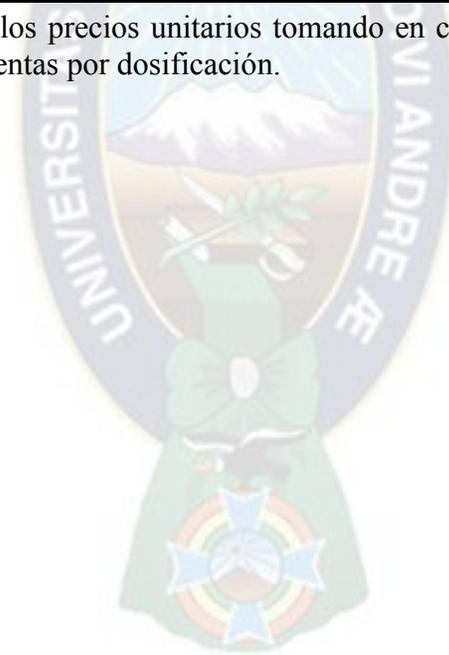
En la Tabla 75 se presenta un resumen del precio unitario por cada consumo de cemento por un metro cúbico de columna de hormigón armado. En el ANEXO 6, se detalla el análisis de precio unitario.

Tabla 75

Resumen de precios unitarios para cada consumo de cemento para un m³ de columna de H°A°

Consumo de cemento	Unidad	P.U. (Bs.)
300 m ³ /H°	m ³	2,936.01
400 m ³ /H°	m ³	3,042.28
500 m ³ /H°	m ³	3,146.49

Nota: En la tabla se muestra los precios unitarios tomando en cuenta materiales mano de obra, maquinaria, equipo y herramientas por dosificación.



Capítulo 8 Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

- El objetivo general se cumplió mediante la realización de 9 revolturas, que dieron lugar a un total de 144 probetas de hormigón distribuidas en distintos grupos según las edades de rotura y diferentes condiciones de curado.
 - Se cumplió los objetivos específicos propuestos. Se llevó a cabo 3 revolturas para cada consumo de cemento (300, 400 y 500 kg/m³H°), adoptando las dosificaciones provenientes del proyecto de grado ya mencionado. Las probetas cilíndricas fueron sometidas al método de curado intermitente tradicional en obra a las edades de 0, 3, 5 y 14 días, con frecuencias de 3 y 6 riegos diarios, seguidos por ensayos de compresión a los 7 y 28 días. Se elaboró gráficos de resistencia versus edad, proporcionando una representación visual clara del desarrollo de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo Figuras 10 y 11. En el cual la tendencia nos dice que en los primeros 7 días alcanza su mayor porcentaje de resistencia.
- Se formuló un modelo que caracteriza de manera aproximada dicho comportamiento Tablas 57 a 62.
- Sin importar el tipo de curado intermitente empleado, no se logra alcanzar el porcentaje óptimo de resistencia a compresión del hormigón, es decir, no se logra la resistencia esperada. No se alcanzó la resistencia esperada por el tipo de curado el cual no es suficiente para continuar el proceso de hidratación de las partículas del cemento.
- En las probetas de hormigón con curado de 0, 3, 5 y 14 días, se observaron pérdidas de resistencia del 26% al 35%, del 16% al 25%, del 12% al 22% y del 8% al 19 %, respectivamente, en comparación con las probetas curadas en piscina. La magnitud de estas variaciones en la pérdida porcentual está intrínsecamente vinculada al consumo de cemento

y frecuencia de riegos diarios. Por lo tanto, se concluye que con estas pérdidas no se alcanza la resistencia óptima a compresión.

- Se alcanza 38% de aumento en la resistencia de 300 a 400 kg/m³H° de consumo de cemento, pero el aumento de resistencia es mínimo de 400 a 500 kg/m³H° siendo solo 8%. Se concluye que a mayor cantidad de cemento el aumento de la resistencia es insignificante como se observa en las Figuras 21 y 22.
- Se concluye con esta investigación que el proceso de curado típico (curado intermitente) que realizan una gran mayoría de los constructores de obras civiles en medio no sirve, si comparamos con el curado normalizado. Debido a que no alcanza el porcentaje óptimo de resistencia, pero se puede alcanzar resistencias menores a ello. Dependiendo de la resistencia requerida del proyecto o elemento estructural, los datos de esta investigación pueden marcar la diferencia en la obra.
- Realizando una comparación entre los tres tipos de cemento Viacha Estándar IP-30, Viacha Especial IP-40 y ECEBOL IP-40, tal como se muestra en la Figura 23, se concluye que en el cemento ECEBOL IP-40 la resistencia obtenida a 28 ddías mayor hasta en un 61% respecto al cemento Viacha Estándar IP-30.

8.2 Recomendaciones

- Considerando la ineficiencia del curado intermitente tradicional en obra en la obtención de la resistencia deseada. No se recomienda el curado intermitente tradicional en obra.
- Se recomienda la exploración e implementación de un sistema alternativo que asegure tanto la protección como el adecuado proceso de curado del hormigón, con el propósito de alcanzar la resistencia buscada. Por ejemplo, cubrir el elemento con un tipo de plástico para que no pierda la humedad, también se puede aplicar Sika Antisol sobre la superficie acabada una película impermeable y sellante, y otros, estos métodos deben estar respaldados con investigaciones.

- Por la inviabilidad para la implementación de un sistema de curado continuo, una estrategia práctica en obra sería aumentar el consumo de cemento. Este enfoque busca contrarrestar las pérdidas asociadas a la falta de un curado continuo y garantizar la obtención de resistencias aceptables. Por razones económicas, se recomienda mantener un periodo de curado de solo 3 días con 3 riegos.
- Se recomienda aumentar la dosificación de cemento hasta $400 \text{ kg/m}^3 \text{H}^\circ$, manteniendo un régimen de curado intermitente de 3 días con 3 riegos diarios. Esto se respalda en el notorio incremento de resistencia. No obstante, para dosificaciones de cemento en el rango de 400 a $500 \text{ kg/m}^3 \text{H}^\circ$ o superiores, se recomienda la implementación de un curado continuo o algún otro método que sea eficiente, ya que no se evidencia un aumento significativo en la resistencia, según los resultados obtenidos en la investigación.
- Con el objetivo prioritario de asegurar la durabilidad y el óptimo desempeño estructural, se recomienda de manera enfática la implementación rigurosa de prácticas de curado eficiente. Además, se insta a fomentar la conciencia y proporcionar capacitación adecuada en el área de curado mediante talleres de capacitación u otros medios de comunicación tanto entre los profesionales como otros actores involucrados en el ámbito de la ingeniería civil, contribuyendo así al avance y la excelencia en la construcción.

Capítulo 9 Referencias Bibliográficas

American Concrete Institute. (2008). *Guide to Curing Concrete*. Comité ACI 308R-01.

American Concrete Institute. (2005). *Cement and Concrete Terminology*. Reported by ACI Committee 116.

American Society for Testing and Materials (2002). *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*. ASTM E 178-02.

Canovas, M. (1999). *Hormigón*. Garceta Grupo Editorial.

Carcaño, R y Moreno, E. (2005). *Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo*. Ingeniería, vol. 9, 5-17.

Cerruto Anibarro F. M. (2015). *Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón (7ma ed.)*. La Paz.

Cerruto Anibarro F. M. (2009). *Guía de laboratorio ensayos: Agregados y Hormigón (2da ed.)*. La Paz.

Echazú Cortez J. (2018). *Materiales de construcción y laboratorio (6ta ed.)*. La Paz.

EUCLID CROUP TOXEMENT (2016). *Guía básica para el curado del concreto. TOXEMENT (Versión 2016, 1-6)*.

Norma Bolivia (2012). *Cemento – Definiciones, clasificación y especificaciones*. NB 011.

Walpole, R. y Myers, R. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson.

ANEXO 1

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-127

	MUESTRA N°	1	2
Peso muestra saturada superficialmente seca, (g)	B =	3325.80	3165.30
Peso muestra + canastilla (sumergidos), (g)	C1 =	2986.20	2884.90
Peso canastillo sumergido, (g)	C2 =	887.50	887.60
Peso muestra sumergida, (g)	C = C1 - C2 =	2098.70	1997.30
Peso igual volumen de agua, (g)	D = B - C =	1227.10	1168.00
Peso Específico	G _{sss} = B / D =	2.71	2.71
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO	G_{sss} =		2.710
Peso Específico seco	G _s = A / D =	2.68	2.68
PESO ESPECÍFICO SECO PROMEDIO	G_s =		2.684

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-127

	MUESTRA N°	1	2
Peso muestra secada al horno, (g)	A =	3292.30	3134.80
Peso agua absorbida, (g)	E = B - A =	33.50	30.50
Absorción en porcentaje, (%)	(E / A) 100 =	1.018	0.973
ABSORCIÓN PROMEDIO, (%)	ABSORCIÓN =		0.996

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-29

	MUESTRA N°	1	2
Peso del recipiente (tara), (g)	F =	6422.00	6422.00
Volumen del recipiente, (ml)	V =	14320.00	14320.00
Peso recipiente + muestra suelta, (g)	H =	28097.00	28086.00
Peso muestra suelta, (g)	P = H - F =	21675.00	21664.00
Peso Unitario suelto, (g/ml)	PU _s = P / V =	1.514	1.513
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO, (kg/m³)	PU_s =		1514
Peso recipiente + muestra compactada, (g)	I =	29733.00	29715.00
Peso muestra Compactada, (g)	P = I - F =	23311.00	23293.00
Peso unitario compactado, (g/ml)	PU _c = P / V =	1.628	1.627
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO, (kg/n	PU_c =		1628

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-29

		Suelto	Compactado
Peso específico promedio	Gs =	2.68	2.68
Peso unitario del agua, (kg/m ³)	PUw =	1000	1000
	G*PUw =	2684.00	2684.00
Peso unitario promedio, (kg/m ³)	PU =	1514	1628
PORCENTAJE DE HUECOS, (%)	(G*PUw - PU) * 100 / (G*PUw) =	43.59	39.34

ANEXO 2

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO: ASTM C-128

	MUESTRA N°	1	2
Peso frasco volumétrico, (g)	A =	148.20	148.20
Peso frasco lleno de agua, (g)	B =	646.90	646.90
Peso muestra saturada superficialmente seca, (g)	P =	304.50	318.20
Peso frasco + agua + muestra, (g)	C =	837.80	846.50
Peso agua añadida, (g)	W = C - A - P =	385.10	380.10
Capacidad del frasco, (ml)	V = B - A =	498.70	498.70
Peso del agua desplazada, (g)	Pw = V - W =	113.60	118.60
Peso específico sss	G _{sss} = P / Pw =	2.680	2.683
PESO ESPECÍFICO sss PROMEDIO	G_{sss} =		2.682
Peso específico seco	G _s = D / Pw =	2.636	2.639
PESO ESPECÍFICO SECO PROMEDIO	G_s =		2.637

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO: ASTM C-128

	MUESTRA N°	1	2
Peso muestra seca al horno, (g)	D =	299.40	313.00
Peso agua absorbida, (g)	E = P - D =	5.10	5.20
Absorción en porcentaje, (%)	(E / D) 100 =	1.703	1.661
ABSORCIÓN PROMEDIO, (%)	ABSORCIÓN =		1.682

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: ASTM C-29

	MUESTRA N°	1	2
Peso del recipiente (tara), (g)	F =	1784.30	1784.30
Volumen del recipiente, (ml)	V =	2830.00	2830.00
Peso recipiente + muestra suelta, (g)	H =	6504.00	6507.00
Peso muestra suelta, (g)	P = H - F =	4719.70	4722.70
Peso unitario suelto, (g/ml)	PU _s = P / V =	1.668	1.669
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO, (kg/m³)	PU_s =		1668
Peso recipiente + muestra compactada, (g)	I =	6803.00	6828.00
Peso muestra compactada, (g)	P = I - F =	5018.70	5043.70
Peso unitario compactado, (g/ml)	PU _c = P / V =	1.773	1.782
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO, (kg/m³)	PU_c =		1778

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO FINO: ASTMA C-29

		Suelto	Compactado
Peso específico promedio	G =	2.64	2.64
Peso unitario del agua, (kg/m ³)	PU _w =	1000	1000
	G*PU _w =	2637.34	2637.34
Peso unitario promedio, (kg/m ³)	PU =	1668	1778
PORCENTAJE DE HUECOS	(G*PU_w - PU) * 100 / (G*PU_w) =	36.744	32.591

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200: ASTM C-117

Grupo	Material	Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida (%)	Límites
1	Grava	Ret N°4	2756.80	2748.20	0.3	< 1.0 [%]
		Ret N°4	0.00	0.00	0.0	< 1.0 [%]
	Arena	Pasa N°4	370.00	358.90	3.0	< 3.0 [%]
2	Grava	Ret N°4	2828.50	2819.30	0.3	< 1.0 [%]
		Ret N°4	0.00	0.00	0.0	< 1.0 [%]
	Arena	Pasa N°4	389.00	377.80	2.9	< 3.0 [%]

ANEXO 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRAVA

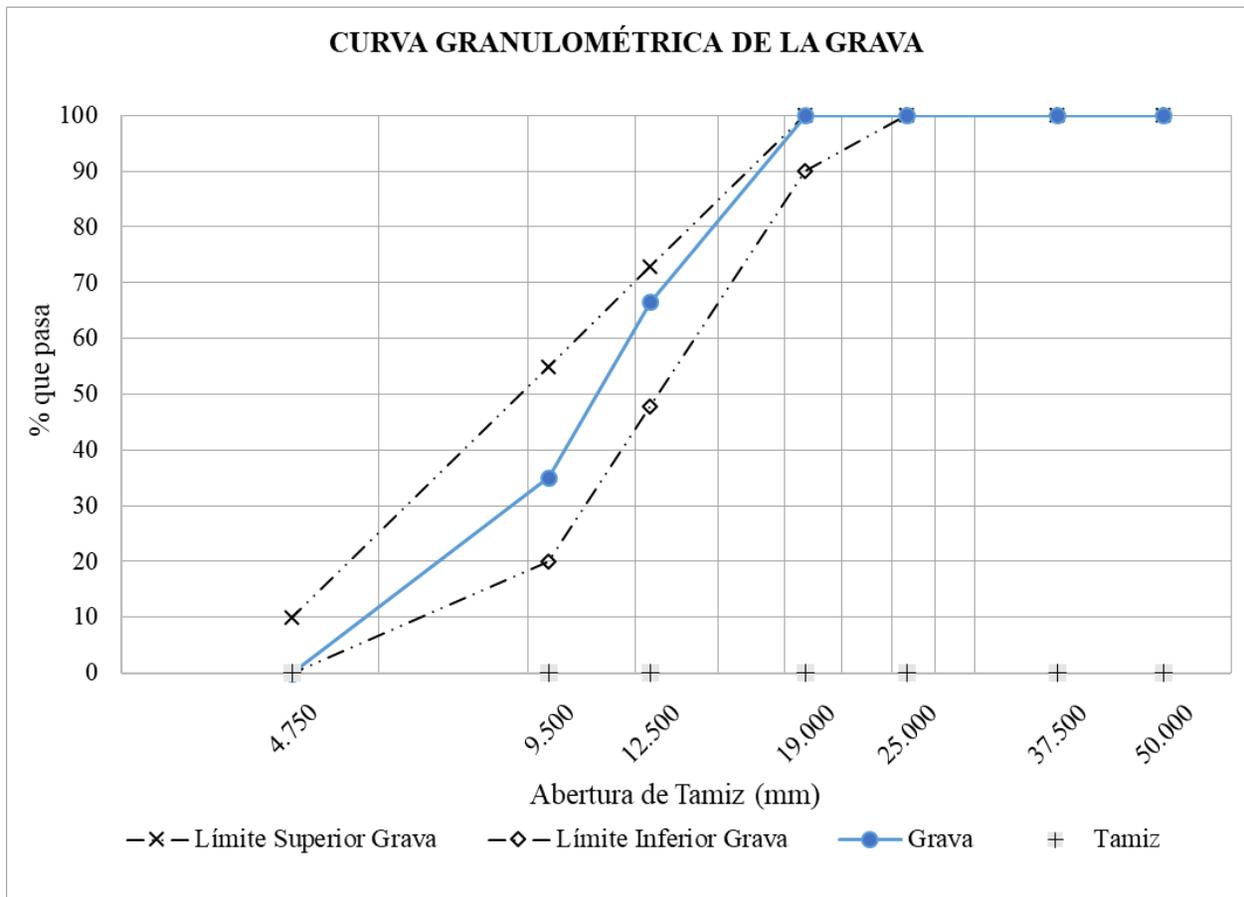
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRAVA: ASTM C-136

Peso, (g) = 5998.0

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Ret. Acum. (g)	% Ret. Acum. (%)	Peso que Pasa (g)	% Que Pasa Total (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones S/ASTM C 33
2"	50.00	0			5998.0	100.00	100.00	100 - 100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.00	5998.0	100.00	100.00	100 - 100
1"	25.00	0.0	0.0	0.00	5998.0	100.00	100.00	100 - 100
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.00	5998.0	100.00	100.00	90 - 100
1/2"	12.50	1887.4	1887.4	31.47	4110.6	68.53	66.54	-
3/8"	9.50	1777.2	3664.6	61.10	2333.4	38.90	35.04	20 - 55
No 4	4.75	1977.0	5641.6	94.06	356.4	5.94	0.00	0 - 10
Pasa No 4		355.9						
Total =		5997.5		MFg = 6.55		Tamaño Máximo Nominal = 3/4"		

% Agregado Grueso = 94.1%

% Agregado Fino = 5.9%



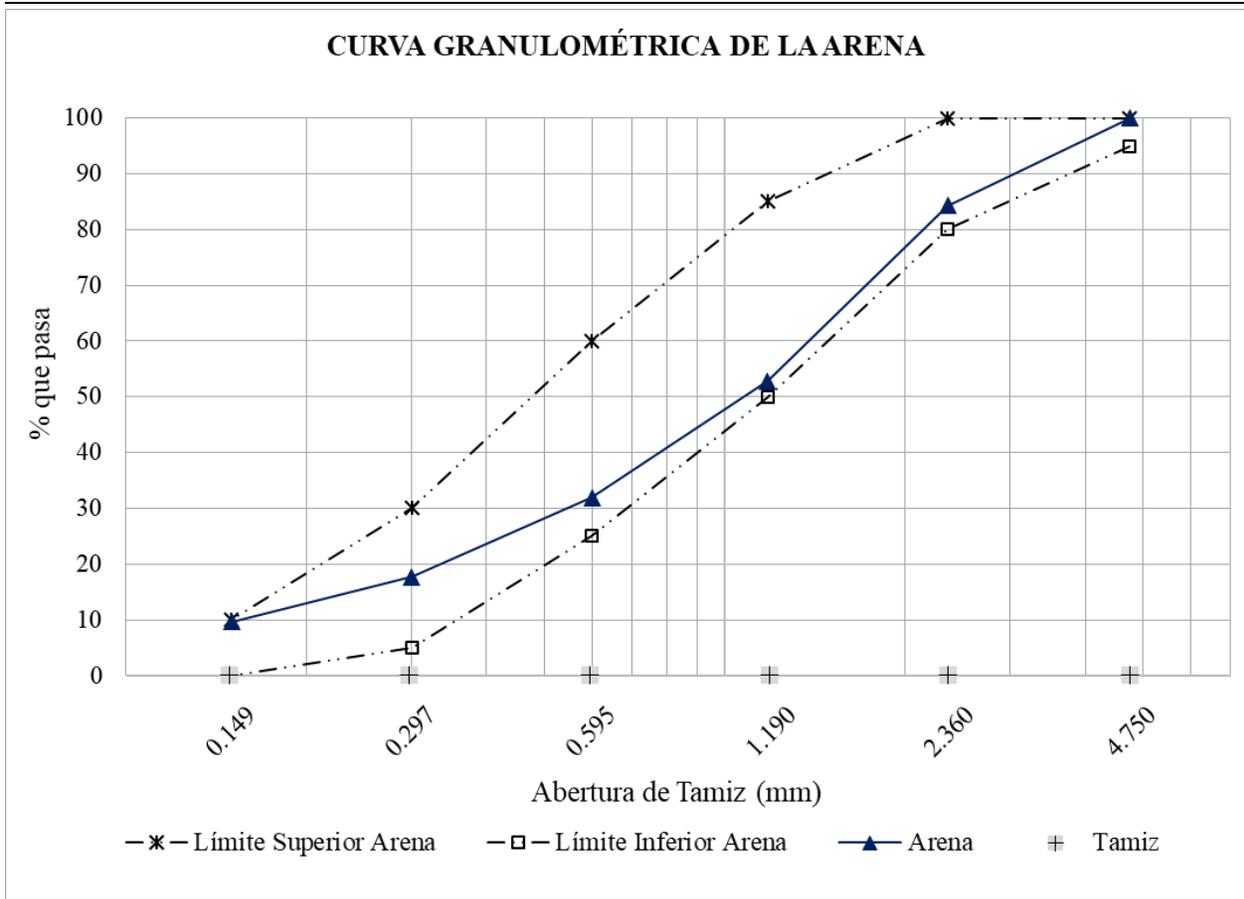
ANEXO 4

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ARENA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ARENA: ASTM C-136

Peso, (g) = 1006.2

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Ret. Acum. (g)	% Ret. Acum. (%)	Peso que Pasa (g)	% Que Pasa Total (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones S/ASTM C 33
No 4	4.75	1.4			1006.2	100.00	100.00	95 - 100
No 8	2.36	157.4	157.4	15.64	848.8	84.36	84.33	80 - 100
No 16	1.18	316.5	473.9	47.10	532.3	52.90	52.83	50 - 85
No 30	0.60	210.0	683.9	67.97	322.3	32.03	31.92	25 - 60
No 50	0.30	142.8	826.7	82.16	179.5	17.84	17.71	5 - 30
No 100	0.15	81.2	907.9	90.23	98.3	9.77	9.63	0 - 10
Charola		96.7	1004.6					
Total =		1006.0						
				MF = 3.03				



EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

ANEXO 5

DOSIFICACIONES REALMENTE EMPLEADAS Y ENSAYOS DE

ROTURA A COMPRESIÓN

1ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 300 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	107.9	106.5	107.2	110.0
Peso muestra húmeda, (g)	639.3	663.2	394.5	419.0
Peso recip. + muestra seca, (g)	738.9	761.9	488.1	513.7
HUMEDAD, (%)	1.315	1.190	3.570	3.790
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.253		3.680	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.253	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.680	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.087		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revolutura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)		Operativa _{seco} (kg)	Dosificación operativa, (kg)		Peso seco ejecutado, (kg)	Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ^o , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)		Calculado	Ejecutado			Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	200.925	0.201	7.032	6.298	5.525	6.259	6.259	182.462	0.182	181.462	0.181	
Cemento	300.000	0.100	10.500	10.500	10.500	10.500	3.488	272.433	0.091	304.418	0.101	
Grava	924.671	0.345	32.363	32.769	32.769	32.363	12.058	938.276	0.350	938.276	0.350	
Arena	930.861	0.353	32.580	33.779	33.779	32.580	12.355	967.779	0.367	944.567	0.358	
Aire		0.001							0.010		0.010	
Total	2356.457	1.000	82.476	83.346	Pm = 82.573	81.702	Vm = 0.034160	2360.950	1.000	2368.723	1.000	
%G : %A	49.8 : 50.2							49.2 : 50.8		49.8 : 50.2		
	a/c = 0.670							a/c = 0.670		a/c = 0.596		

Fecha de vaciado	lunes, 7-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	6.5
Agua añadida/sobrada, (g)	-773.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18961.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2394.0
Rendimiento, (m ³)	0.034492
Aire calculado, (%)	0.963

Vrevolutura, (m³) 0.035000
Vreal (producido), (m³) 0.034492

Probeta Nº	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.8	108.7	13.51	0	3859.1	19.9	2409.84	
2				32.2	118.4	14.35	3*	3795.1	19.5	2358.78	
3				31.9	126.2	15.58	3**	3863.5	19.9	2397.49	
4				32.0	125.8	15.44	5*	3878.9	19.5	2441.09	
5	7-ago-23	14-ago-23	7	32.9	138.5	16.08	5**	4177.6	19.9	2437.20	
6				31.9	127.5	15.74	14*	3838.2	19.6	2418.24	
7				32.0	127.9	15.70	14**	3859.0	19.5	2428.57	
8				32.1	147.9	18.04	H	3845.6	19.4	2417.48	
9				32.0	135.2	16.59	0	3719.9	19.5	2341.03	
10				31.9	154.3	19.05	3*	3826.0	19.8	2386.21	
11				32.1	166.8	20.34	3**	3841.3	19.9	2354.10	
12				32.1	162.3	19.79	5*	3748.4	19.6	2332.33	
13	7-ago-23	4-sep-23	28	32.1	168.6	20.56	5**	3700.2	19.5	2314.14	
14				32.0	172.4	21.16	14*	3791.2	19.6	2373.73	
15				32.0	179.9	22.08	14**	3755.5	19.4	2375.61	
16				32.0	212.1	26.03	H	3917.4	19.5	2465.32	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

2da. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 300 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	107.9	106.5	107.2	110.0
Peso muestra húmeda, (g)	639.3	663.2	394.5	419.0
Peso recip. + muestra seca, (g)	738.9	761.9	488.1	513.7
HUMEDAD, (%)	1.315	1.190	3.570	3.790
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.253		3.680	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.253	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.680	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.087		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)			Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado	Peso seco ejecutado, (kg)		Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	200.925	0.201	7.032	6.298	5.525	6.259	6.259	181.557	0.182	180.557	0.181	
Cemento	300.000	0.100	10.500	10.500	10.500	10.500	3.488	271.082	0.090	302.899	0.101	
Grava	924.671	0.345	32.363	32.769	32.769	32.363	12.058	933.593	0.348	933.593	0.348	
Arena	930.861	0.353	32.580	33.779	33.779	32.580	12.355	962.505	0.365	939.853	0.356	
Aire		0.001							0.015		0.015	
Total	2356.457	1.000	82.476	83.346	Pm=82.573	81.702	Vm=0.034160	2348.737	1.000	2356.902	1.001	
%G : %A	49.8 : 50.2							49.2 : 50.8		49.8 : 50.2		
	a/c = 0.670							a/c = 0.670		a/c = 0.596		

Fecha de vaciado	lunes, 7-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	6.5
Agua añadida/sobrada, (g)	-773.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18879.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2382.0
Rendimiento, (m ³)	0.034665
Aire calculado, (%)	1.457

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034665

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				32.0	113.1	13.88	0	3767.4	19.3	2395.49	
2				31.9	119.3	14.73	3*	3841.8	19.6	2420.51	
3				32.0	118.1	14.49	3**	3867.0	19.6	2421.19	
4				31.9	128.6	15.88	5*	3756.6	19.5	2378.97	
5	7-ago-23	14-ago-23	7	32.0	125.3	15.38	5**	3812.5	19.5	2399.30	
6				31.9	126.3	15.60	14*	3729.7	19.4	2374.11	
7				31.9	125.6	15.51	14**	3782.7	19.2	2432.93	
8				32.2	152.7	18.51	H	3869.9	19.4	2417.67	
9				32.0	139.4	17.11	0	3731.7	19.5	2348.45	
10				31.9	154.9	19.13	3*	3804.1	20.0	2348.82	
11				32.1	163.9	19.99	3**	3792.5	19.5	2371.87	
12				31.8	158.9	19.75	5*	3751.2	19.9	2342.46	
13	7-ago-23	4-sep-23	28	32.0	178.6	21.92	5**	3839.3	19.2	2453.92	
14				32.1	168.3	20.53	14*	3781.0	19.8	2328.85	
15				31.9	174.5	21.55	14**	3769.2	19.5	2386.95	
16				32.2	211.1	25.59	H	3965.2	19.8	2427.16	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

3ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 300 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	107.9	106.5	107.2	110.0
Peso muestra húmeda, (g)	639.3	663.2	394.5	419.0
Peso recip. + muestra seca, (g)	738.9	761.9	488.1	513.7
HUMEDAD, (%)	1.315	1.190	3.570	3.790
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.253		3.680	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.253	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.680	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.087		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)			Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado	Peso seco ejecutado, (kg)		Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	200.925	0.201	7.032	6.298	5.525	6.259	6.259	181.781	0.182	180.781	0.181	
Cemento	300.000	0.100	10.500	10.500	10.500	10.500	3.488	271.416	0.090	303.275	0.101	
Grava	924.671	0.345	32.363	32.769	32.769	32.363	12.058	934.752	0.348	934.752	0.348	
Arena	930.861	0.353	32.580	33.779	33.779	32.580	12.355	967.779	0.367	941.020	0.357	
Aire		0.001							0.013		0.013	
Total	2356.457	1.000	82.476	83.346	Pm=82.573	81.702	Vm=0.034160	2355.728	1.000	2359.828	1.000	
%G : %A	49.8 : 50.2							49.1 : 50.9		49.8 : 50.2		
	a/c = 0.670							a/c = 0.670		a/c = 0.596		

Fecha de vaciado	lunes, 7-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	6.5
Agua añadida/sobrada, (g)	-773.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18901.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2385.0
Rendimiento, (m ³)	0.034622
Aire calculado, (%)	1.334

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034622

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.9	110.9	13.69	0	3789.7	19.5	2399.93	
2				31.8	127.7	15.87	3*	3772.5	19.5	2404.09	
3				31.9	129.4	15.98	3**	3822.2	19.6	2408.16	
4				32.0	124.8	15.32	5*	3879.0	19.6	2428.70	
5	7-ago-23	14-ago-23	7	31.9	126.5	15.62	5**	3752.7	19.7	2352.37	
6				33.0	135.6	15.65	14*	4045.4	19.8	2357.64	
7				31.9	128.1	15.82	14**	3820.1	19.6	2406.84	
8				32.0	158.7	19.48	H	3874.2	19.5	2438.13	
9				32.8	141.3	16.50	0	4002.3	20.0	2337.45	
10				32.0	160.1	19.65	3*	3719.0	19.5	2340.46	
11				32.2	164.3	19.91	3**	3759.0	19.5	2336.34	
12				32.1	165.9	20.23	5*	3790.7	19.8	2334.82	
13	7-ago-23	4-sep-23	28	31.9	169.3	20.91	5**	3769.2	19.5	2386.95	
14				32.1	170.2	20.76	14*	3748.5	19.5	2344.35	
15				31.8	175.5	21.81	14**	3837.4	20.0	2384.31	
16				32.0	207.5	25.46	H	3952.5	19.9	2437.41	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

1ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 400 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	141.8	113.9	96.2	101.8
Peso muestra húmeda, (g)	605.9	653.7	419.6	382.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	740.4	760.1	500.8	470.8
HUMEDAD, (%)	1.220	1.161	3.707	3.659
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.190		3.683	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.190	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.683	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.912		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)			Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado	Peso seco ejecutado, (kg)		Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	189.410	0.189	6.629	5.998	5.745	6.376	6.376	183.166	0.183	183.166	0.183	
Cemento	400.000	0.133	14.000	14.000	14.000	14.000	4.651	386.814	0.129	402.183	0.134	
Grava	974.570	0.363	34.110	34.516	34.516	34.110	12.709	979.891	0.365	979.891	0.365	
Arena	806.922	0.306	28.242	29.282	29.282	28.242	10.710	825.381	0.313	811.319	0.308	
Aire		0.009							0.010		0.010	
Total	2370.902	1.000	82.982	83.796	Pm = 83.543	82.728	Vm = 0.034446	2375.252	1.000	2376.559	1.000	
%G : %A	54.7 : 45.3							54.3 : 45.7		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.474							a/c = 0.474		a/c = 0.455		

Fecha de vaciado	lunes, 14-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-253.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	19002.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2400.0
Rendimiento, (m ³)	0.034810
Aire calculado, (%)	1.046

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034810

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.8	141.2	17.55	0	3888.5	19.9	2428.20	
2				32.0	159.6	19.59	3*	3890.8	19.8	2411.48	
3				32.4	169.1	20.24	3**	3827.2	19.5	2349.45	
4				31.9	165.2	20.40	5*	3880.1	19.8	2419.95	
5	14-ago-23	21-ago-23	7	31.8	169.4	21.05	5**	3898.8	20.0	2422.46	
6				32.0	166.5	20.43	14*	3896.4	19.9	2402.82	
7				31.8	168.7	20.96	14**	3827.3	19.8	2402.05	
8				32.0	193.2	23.71	H	3950.2	19.8	2448.30	
9				32.3	200.1	24.10	0	3833.3	19.8	2331.91	
10				32.2	217.3	26.34	3*	3862.9	20.0	2340.89	
11				32.1	220.8	26.93	3**	3827.7	19.6	2381.67	
12				32.1	229.9	28.04	5*	3819.9	19.6	2376.82	
13	14-ago-23	11-sep-23	28	33.1	244.9	28.09	5**	4051.6	19.9	2335.22	
14				32.0	230.9	28.34	14*	3848.6	19.9	2373.34	
15				32.1	239.2	29.17	14**	3855.8	19.9	2362.99	
16				31.8	273.3	33.96	H	3852.2	19.7	2429.95	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

2da. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 400 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	141.8	113.9	96.2	101.8
Peso muestra húmeda, (g)	605.9	653.7	419.6	382.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	740.4	760.1	500.8	470.8
HUMEDAD, (%)	1.220	1.161	3.707	3.659
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.190		3.683	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUs (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000	1000	
Cemento	****	****	3.010	980	
Grava	1.190	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.683	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.912		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)		Peso seco ejecutado, (kg)	Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado			Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	189.410	0.189	6.629	5.998	5.745	6.376	6.376	183.245	0.183	183.245	0.183	
Cemento	400.000	0.133	14.000	14.000	14.000	14.000	4.651	386.981	0.129	402.357	0.134	
Grava	974.570	0.363	34.110	34.516	34.516	34.110	12.709	980.313	0.365	980.313	0.365	
Arena	806.922	0.306	28.242	29.282	29.282	28.242	10.710	825.381	0.313	811.668	0.308	
Aire		0.009							0.010		0.010	
Total	2370.902	1.000	82.982	83.796	Pm=83.543	82.728	Vm=0.034446	2375.920	1.000	2377.583	1.000	
%G : %A	54.7 : 45.3							54.3 : 45.7		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.474							a/c = 0.474		a/c = 0.455		

Fecha de vaciado	lunes, 14-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-253.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	19011.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2401.0
Rendimiento, (m ³)	0.034795
Aire calculado, (%)	1.003

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034795

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				32.0	147.3	18.08	0	3917.7	20.0	2403.87	
2				32.0	154.7	18.98	3*	3951.7	20.2	2400.73	
3				32.1	166.2	20.27	3**	3953.9	20.1	2399.00	
4				31.9	159.7	19.72	5*	3881.9	20.0	2396.86	
5	14-ago-23	21-ago-23	7	32.2	175.2	21.23	5**	3979.3	20.0	2411.43	
6				32.0	160.5	19.70	14*	3927.3	20.0	2409.76	
7				32.1	179.1	21.84	14**	3964.3	20.1	2405.31	
8				31.8	196.3	24.39	H	3984.7	20.2	2451.32	
9				32.0	192.9	23.67	0	3830.2	20.1	2338.49	
10				32.2	219.5	26.60	3*	3919.7	20.2	2351.80	
11				31.9	221.0	27.29	3**	3883.7	20.1	2386.04	
12				32.1	228.5	27.87	5*	3910.2	20.0	2384.34	
13	14-ago-23	11-sep-23	28	31.9	230.2	28.43	5**	3892.2	20.2	2379.43	
14				31.9	228.3	28.19	14*	3838.3	20.0	2369.94	
15				32.0	248.6	30.51	14**	3921.0	20.2	2382.07	
16				31.9	270.3	33.38	H	3980.2	19.9	2469.91	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

3ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 400 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	141.8	113.9	96.2	101.8
Peso muestra húmeda, (g)	605.9	653.7	419.6	382.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	740.4	760.1	500.8	470.8
HUMEDAD, (%)	1.220	1.161	3.707	3.659
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.190		3.683	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUs (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000	1000	
Cemento	****	****	3.010	980	
Grava	1.190	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.683	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.912		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)		Peso seco ejecutado, (kg)	Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado			Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	189.410	0.189	6.629	5.998	5.745	6.376	6.376	183.092	0.183	183.092	0.183	
Cemento	400.000	0.133	14.000	14.000	14.000	14.000	4.651	386.658	0.128	402.022	0.134	
Grava	974.570	0.363	34.110	34.516	34.516	34.110	12.709	979.497	0.365	979.497	0.365	
Arena	806.922	0.306	28.242	29.282	29.282	28.242	10.710	825.381	0.313	810.992	0.308	
Aire		0.009							0.011		0.011	
Total	2370.902	1.000	82.982	83.796	Pm=83.543	82.728	Vm=0.034446	2374.628	1.000	2375.603	1.001	
%G : %A	54.7 : 45.3							54.3 : 45.7		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.474							a/c = 0.474		a/c = 0.455		

Fecha de vaciado	lunes, 14-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-253.0
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18998.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2399.0
Rendimiento, (m ³)	0.034824
Aire calculado, (%)	1.085

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034824

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				32.1	150.3	18.33	0	3924.2	20.0	2392.88	
2				31.9	155.2	19.17	3*	3908.1	20.0	2413.04	
3				32.1	163.0	20.27	3**	4010.3	20.1	2433.22	
4				31.9	169.8	20.97	5*	3897.4	20.0	2406.43	
5	14-ago-23	21-ago-23	7	32.2	172.2	20.87	5**	3968.5	20.0	2404.89	
6				31.9	161.3	19.92	14*	3931.6	20.0	2427.55	
7				32.1	169.4	20.66	14**	3942.3	20.1	2391.96	
8				32.0	196.9	24.16	H	3895.8	19.2	2490.03	
9				32.0	197.2	24.20	0	3848.7	20.1	2349.78	
10				32.1	217.9	26.57	3*	3854.6	20.2	2327.17	
11				32.2	227.3	27.55	3**	3883.8	20.0	2353.56	
12				32.1	220.5	26.89	5*	3893.0	20.1	2362.04	
13	14-ago-23	11-sep-23	28	32.0	231.5	28.41	5**	3915.5	20.1	2390.57	
14				31.9	227.8	28.13	14*	3854.4	20.1	2368.04	
15				32.0	242.9	29.81	14**	3919.0	20.2	2380.86	
16				32.1	276.6	33.73	H	4006.8	19.8	2467.93	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

1ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 500 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	101.3	112.2	128.9	107.2
Peso muestra húmeda, (g)	682.6	827.6	388.4	400.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	776.2	930.1	504.0	494.4
HUMEDAD, (%)	1.141	1.186	3.546	3.435
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.163		3.490	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.163	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.490	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.694		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)			Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado	Peso seco ejecutado, (kg)		Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	207.841	0.208	7.274	6.749	6.384	6.909	6.909	198.700	0.199	198.700	0.199	
Cemento	500.000	0.166	17.500	17.500	17.500	17.500	5.814	478.010	0.159	503.293	0.167	
Grava	902.220	0.336	31.578	31.945	31.945	31.578	11.765	908.171	0.338	908.171	0.338	
Arena	746.271	0.283	26.119	27.031	27.031	26.119	9.905	772.641	0.293	751.172	0.285	
Aire		0.007							0.011		0.011	
Total	2356.332	1.000	82.472	83.225	Pm=82.860	82.106	Vm=0.034393	2357.522	1.000	2361.336	1.000	
%G : %A	54.7 : 45.3							54 : 46		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.416							a/c = 0.416		a/c = 0.395		

Fecha de vaciado	lunes, 21-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-365.2
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18884.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2383.0
Rendimiento, (m ³)	0.034771
Aire calculado, (%)	1.087

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034771

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.9	149.2	18.42	0	3795.2	19.6	2391.15	
2				32.0	167.7	20.58	3*	3844.4	19.6	2407.03	
3				32.0	176.2	21.62	3**	3893.0	20.0	2388.71	
4				32.1	172.0	20.98	5*	3904.3	20.0	2380.75	
5	21-ago-23	28-ago-23	7	32.1	185.4	22.61	5**	3918.5	20.2	2365.75	
6				31.9	182.5	22.54	14*	3962.7	20.1	2434.58	
7				31.9	187.3	23.13	14**	3852.8	20.0	2378.89	
8				32.2	205.3	24.88	H	4005.9	20.2	2403.52	
9				31.9	213.1	26.32	0	3834.2	20.1	2355.63	
10				32.0	230.8	28.32	3*	3854.1	20.2	2341.43	
11				32.0	243.8	29.92	3**	3902.2	20.0	2394.36	
12				31.8	256.3	31.85	5*	3836.5	20.0	2383.75	
13	21-ago-23	18-sep-23	28	31.8	251.4	31.24	5**	3879.2	19.8	2434.63	
14				31.9	257.1	31.75	14*	3869.4	20.0	2389.14	
15				31.9	264.5	32.66	14**	3877.7	19.9	2406.30	
16				32.1	294.3	35.89	H	4014.2	20.0	2447.76	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

2da. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 500 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	101.3	112.2	128.9	107.2
Peso muestra húmeda, (g)	682.6	827.6	388.4	400.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	776.2	930.1	504.0	494.4
HUMEDAD, (%)	1.141	1.186	3.546	3.435
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.163		3.490	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PUc (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.163	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.490	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.694		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)			Dosificación operativa, (kg)			Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{seco} (kg)	Calculado	Ejecutado	Peso seco ejecutado, (kg)		Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)	Volumen absoluto, (m ³ /m ³)	
Agua	207.841	0.208	7.274	6.749	6.384	6.909	6.909	198.614	0.199	198.614	0.199	
Cemento	500.000	0.166	17.500	17.500	17.500	17.500	5.814	477.803	0.159	503.076	0.167	
Grava	902.220	0.336	31.578	31.945	31.945	31.578	11.765	907.779	0.338	907.779	0.338	
Arena	746.271	0.283	26.119	27.031	27.031	26.119	9.905	772.641	0.293	750.848	0.285	
Aire		0.007							0.011		0.011	
Total	2356.332	1.000	82.472	83.225	Pm=82.860	82.106	Vm=0.034393	2356.837	1.000	2360.317	1.000	
%G : %A	54.7 : 45.3							54 : 46		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.416							a/c = 0.416		a/c = 0.395		

Fecha de vaciado	lunes, 21-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-365.2
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18882.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2382.0
Rendimiento, (m ³)	0.034786
Aire calculado, (%)	1.130

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034786

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.8	152.7	18.98	0	3814.4	19.8	2393.96	
2				32.3	168.4	20.28	3*	3887.9	19.9	2353.24	
3				32.3	175.0	21.08	3**	3922.7	20.1	2350.68	
4				32.0	178.3	21.88	5*	3878.9	20.1	2368.22	
5	21-ago-23	28-ago-23	7	32.0	188.3	23.11	5**	3902.3	20.2	2370.71	
6				31.9	174.1	21.50	14*	3874.4	20.0	2392.23	
7				31.9	183.2	22.62	14**	3861.9	19.6	2433.18	
8				32.0	202.4	24.84	H	3971.3	20.3	2400.75	
9				31.8	219.3	27.25	0	3771.3	19.9	2355.01	
10				32.2	235.6	28.55	3*	3938.9	20.2	2363.32	
11				32.2	247.1	29.95	3**	3857.2	20.1	2325.81	
12				31.8	242.7	30.16	5*	3849.9	20.0	2392.08	
13	21-ago-23	18-sep-23	28	31.8	255.9	31.80	5**	3741.9	20.3	2290.61	
14				31.8	253.7	31.53	14*	3865.2	20.1	2389.63	
15				31.8	261.4	32.48	14**	3812.6	19.9	2380.80	
16				31.9	286.7	35.40	H	3897.4	19.8	2430.74	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

3ra. REVOLTURA PARA UN CONSUMO DE CEMENTO DE 500 kg/m³ DE HORMIGÓN

HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Descripción	Grava		Arena	
Peso recipiente, (g)	101.3	112.2	128.9	107.2
Peso muestra húmeda, (g)	682.6	827.6	388.4	400.5
Peso recip. + muestra seca, (g)	776.2	930.1	504.0	494.4
HUMEDAD, (%)	1.141	1.186	3.546	3.435
HUMEDAD PROMEDIO, (%)	1.163		3.490	

CARACTERÍSTICAS

Material	% Humedad	% Absorción	Pe	PUc (Kg/m ³)	PU _s (Kg/m ³)
Agua	****	****	1.000		1000
Cemento	****	****	3.010		980
Grava	1.163	0.996	2.684	1628	1514
Arena	3.490	1.682	2.637	1778	1668
Aire, (%)			0.694		

DOSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA

Volumen de revoltura, (m³) = 0.035000

MATERIAL	DOS - BASE, (kg/m ³)		Dosificación operativa, (kg)		Peso seco ejecutado, (kg)	Volumenes absolutos materiales, (L)	DOS - PUH ² , (kg/m ³)		DOS - REAL, (kg/m ³)		Observaciones	
	Base aprobada (firmada), (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Operativa _{s,eco} (kg)	Calculado			Ejecutado	Dosificación ajustada por PU, (kg/m ³)	Volumen absoluto de materiales, (m ³ /m ³)	Peso, (kg/m ³)		Volumen absoluto, (m ³ /m ³)
Agua	207.841	0.208	7.274	6.749	6.384	6.909	198.866	0.199	198.866	0.199		
Cemento	500.000	0.166	17.500	17.500	17.500	5.814	478.409	0.159	503.713	0.167		
Grava	902.220	0.336	31.578	31.945	31.945	11.765	908.929	0.339	908.929	0.339		
Arena	746.271	0.283	26.119	27.031	27.031	9.905	772.641	0.293	751.799	0.285		
Aire		0.007						0.010		0.010		
Total	2356.332	1.000	82.472	83.225	Pm=82.860	82.106	Vm=0.034393	2358.845	1.000	2363.307	1.000	
%G : %A	54.7 : 45.3							54.1 : 45.9		54.7 : 45.3		
	a/c = 0.416							a/c = 0.416		a/c = 0.395		

Fecha de vaciado	lunes, 21-ago-23
Asentamiento buscado, (cm)	7.0
Asentamiento obtenido, (cm)	7.0
Agua añadida/sobrada, (g)	-365.2
Peso (hormigón+ recipiente), (g)	18900.0
Peso recipiente, (g)	2349.2
Volumen recipiente, (cm ³)	6940.0
PU hormigón, (kg/m ³)	2385.0
Rendimiento, (m ³)	0.034742
Aire calculado, (%)	1.005

Vrevoltura, (m ³)	0.035000
Vreal (producido), (m ³)	0.034742

Probeta N°	Fecha de:		Rotura (días)	Perímetro (cm)	Carga (kN)	Resistencia (MPa)		Peso (g)	Altura (cm)	P.U. (kg/m ³) Obtenida	Observaciones
	Vaciado	Rotura				Obtenida	Curado (días)				
1				31.8	140.5	17.46	0	3892.6	20.2	2394.66	
2				31.9	164.1	20.26	3*	3891.2	20.3	2367.10	
3				31.9	169.1	20.88	3**	3941.4	20.0	2433.60	
4				32.0	179.7	22.05	5*	3797.2	19.6	2377.48	
5	21-ago-23	28-ago-23	7	32.0	183.3	22.49	5**	3959.6	20.3	2393.68	
6				32.0	171.6	21.06	14*	3932.4	20.2	2389.00	
7				32.0	186.3	22.86	14**	3922.7	20.2	2383.11	
8				32.0	204.3	25.07	H	3968.1	20.1	2422.68	
9				32.0	213.7	26.22	0	3846.7	20.0	2360.31	
10				31.8	235.6	29.28	3*	3849.3	20.2	2368.02	
11				31.8	239.1	29.71	3**	3888.5	20.1	2404.04	
12				31.9	243.7	30.09	5*	3800.9	19.9	2358.64	
13	21-ago-23	18-sep-23	28	31.9	253.3	31.28	5**	3926.4	20.1	2412.28	
14				31.9	251.8	31.09	14*	3880.9	20.1	2384.32	
15				31.9	263.8	32.58	14**	3919.8	20.2	2396.30	
16				32.0	287.8	35.32	H	3953.7	20.1	2413.89	

* Probetas con curado intermitente de 3 riegos por día

** Probetas con curado intermitente de 6 riegos por día

ANEXO 6

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CONSUMO DE CEMENTO

Análisis de precios unitarios para un consumo cemento de 300 kg/m³H°

DATOS GENERALES					
Proyecto :	Aplicación del proyecto de investigación				
Actividad :	Columnas de H°A°				
Unidad :	m ³				
Moneda :	Bs.				
	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U.	Total
1. MATERIALES					
1	Agua	m ³	0.201	10.00	2.01
2	Cemento portland	kg	300.000	1.10	330.00
3	Grava común	m ³	0.346	120.75	41.72
4	Arena común	m ³	0.353	120.75	42.62
5	Fierro corrugado	kg	125.000	6.30	787.50
6	Madera de construcción	p ²	80.000	8.00	640.00
7	Clavos	kg	2.000	12.50	25.00
8	Alambre de amarre	kg	2.000	12.00	24.00
Total materiales:					1892.86
2. MANO DE OBRA					
1	Encofrador	Hr.	16.00	20.50	328.00
2	Armador	Hr.	10.00	20.50	205.00
2	Albañil	Hr.	10.00	20.50	205.00
2	Ayudante	Hr.	15.00	15.00	225.00
Sub total mano de obra:					963.00
				CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55% al 71.18%)	0%
				IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = (% DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)	0%
Total mano de obra:					963.00
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
1	Mezcladora	Hr.	1.00	20.00	20.00
2	Vibradorara	Hr.	0.80	15.00	12.00
				HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)	5%
Total equipo, maquinaria y herramientas:					80.15
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
				GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	0%
Total gastos generales y administrativos:					0.00
5. UTILIDAD					
				UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4	0%
Total utilidad:					0.00
6. IMPUESTOS					
				IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5	0%
Total impuestos:					0.00
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)					2936.01
Total precio unitario adoptado (con dos (2) decimales)					2936.01

Fuente: Presupuesto & Construcción La Paz

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Análisis de precios unitarios para un consumo cemento de 400 kg/m³H°

DATOS GENERALES

Proyecto : Aplicación del proyecto de investigación
Actividad : Columnas de H°A°
Unidad : m³
Moneda : Bs.

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U.	Total
1. MATERIALES				
1 Agua	m ³	0.190	10.00	1.90
2 Cemento portland	kg	400.000	1.10	440.00
3 Grava común	m ³	0.364	120.75	43.98
4 Arena común	m ³	0.304	120.75	36.76
5 Fierro corrugado	kg	125.000	6.30	787.50
6 Madera de construcción	p ²	80.000	8.00	640.00
7 Clavos	kg	2.000	12.50	25.00
8 Alambre de amarre	kg	2.000	12.00	24.00
Total materiales:				1999.13
2. MANO DE OBRA				
1 Encofrador	Hr.	16.00	20.50	328.00
2 Armador	Hr.	10.00	20.50	205.00
2 Albañil	Hr.	10.00	20.50	205.00
2 Ayudante	Hr.	15.00	15.00	225.00
Sub total mano de obra:				963.00
			CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55% al 71.18%)	0% 0.00
			IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = (% DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)	0% 0.00
Total mano de obra:				963.00
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1 Mezcladora	Hr.	1.00	20.00	20.00
2 Vibradora	Hr.	0.80	15.00	12.00
			HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)	5% 48.15
Total equipo, maquinaria y herramientas:				80.15
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
			GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	0%
Total gastos generales y administrativos:				0.00
5. UTILIDAD				
			UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4	0%
Total utilidad:				0.00
6. IMPUESTOS				
			IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5	0%
Total impuestos:				0.00
			TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	3042.28
Total precio unitario adoptado (con dos (2) decimales)				3042.28

Fuente: Presupuesto & Construcción La Paz

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Análisis de precios unitarios para un consumo cemento de 500 kg/m³H°

DATOS GENERALES					
Proyecto :	Aplicación del proyecto de investigación				
Actividad :	Columnas de H°A°				
Unidad :	m ³				
Moneda :	Bs.				
	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U.	Total
1. MATERIALES					
1	Agua	m ³	0.208	10.00	2.08
2	Cemento portland	kg	500.000	1.10	550.00
3	Grava común	m ³	0.337	120.75	40.71
4	Arena común	m ³	0.282	120.75	34.05
5	Fierro corrugado	kg	125.000	6.30	787.50
6	Madera de construcción	p ²	80.000	8.00	640.00
7	Clavos	kg	2.000	12.50	25.00
8	Alambre de amarre	kg	2.000	12.00	24.00
Total materiales:					2103.34
2. MANO DE OBRA					
1	Encofrador	Hr.	16.00	20.50	328.00
2	Armador	Hr.	10.00	20.50	205.00
2	Albañil	Hr.	10.00	20.50	205.00
2	Ayudante	Hr.	15.00	15.00	225.00
Sub total mano de obra:					963.00
				CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55% al 71.18%)	0%
				IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = (% DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)	0%
Total mano de obra:					963.00
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
1	Mezcladora	Hr.	1.00	20.00	20.00
2	Vibradorara	Hr.	0.80	15.00	12.00
				HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)	5%
Total equipo, maquinaria y herramientas:					80.15
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
				GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3	0%
Total gastos generales y administrativos:					0.00
5. UTILIDAD					
				UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4	0%
Total utilidad:					0.00
6. IMPUESTOS					
				IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5	0%
Total impuestos:					0.00
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)					3146.49
Total precio unitario adoptado (con dos (2) decimales)					3146.49

Fuente: Presupuesto & Construcción La Paz

ANEXO 7

TABLAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

TABLE 1 Critical Values for T (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample^A

Number of Observations, n	Upper 0.1 % Significance Level	Upper 0.5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level	Upper 2.5 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 10 % Significance Level
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
21	3.266	3.031	2.912	2.733	2.580	2.408
22	3.300	3.060	2.939	2.758	2.603	2.429
23	3.332	3.087	2.963	2.781	2.624	2.448
24	3.362	3.112	2.987	2.802	2.644	2.467
25	3.389	3.135	3.009	2.822	2.663	2.486
26	3.415	3.157	3.029	2.841	2.681	2.502
27	3.440	3.178	3.049	2.859	2.698	2.519
28	3.464	3.199	3.068	2.876	2.714	2.534
29	3.486	3.218	3.085	2.893	2.730	2.549
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563

Tabla A.11 (continuación) Valores críticos para la prueba de Cochran

$\alpha = 0.05$														
k	n													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	37	145	∞
2	0.9985	0.9750	0.9392	0.9057	0.8772	0.8534	0.8332	0.8159	0.8010	0.7880	0.7341	0.6602	0.5813	0.5000
3	0.9669	0.8709	0.7977	0.7457	0.7071	0.6771	0.6530	0.6333	0.6167	0.6025	0.5466	0.4748	0.4031	0.3333
4	0.9065	0.7679	0.6841	0.6287	0.5895	0.5598	0.5365	0.5175	0.5017	0.4884	0.4366	0.3720	0.3093	0.2500
5	0.8412	0.6838	0.5981	0.5441	0.5065	0.4783	0.4564	0.4387	0.4241	0.4118	0.3645	0.3066	0.2513	0.2000
6	0.7808	0.6161	0.5321	0.4803	0.4447	0.4184	0.3980	0.3817	0.3682	0.3568	0.3135	0.2612	0.2119	0.1667
7	0.7271	0.5612	0.4800	0.4307	0.3974	0.3726	0.3535	0.3384	0.3259	0.3154	0.2756	0.2278	0.1833	0.1429
8	0.6798	0.5157	0.4377	0.3910	0.3595	0.3362	0.3185	0.3043	0.2926	0.2829	0.2462	0.2022	0.1616	0.1250
9	0.6385	0.4775	0.4027	0.3584	0.3286	0.3067	0.2901	0.2768	0.2659	0.2568	0.2226	0.1820	0.1446	0.1111
10	0.6020	0.4450	0.3733	0.3311	0.3029	0.2823	0.2666	0.2541	0.2439	0.2353	0.2032	0.1655	0.1308	0.1000
12	0.5410	0.3924	0.3264	0.2880	0.2624	0.2439	0.2299	0.2187	0.2098	0.2020	0.1737	0.1403	0.1100	0.0833
15	0.4709	0.3346	0.2758	0.2419	0.2195	0.2034	0.1911	0.1815	0.1736	0.1671	0.1429	0.1144	0.0889	0.0667
20	0.3894	0.2705	0.2205	0.1921	0.1735	0.1602	0.1501	0.1422	0.1357	0.1303	0.1108	0.0879	0.0675	0.0500
24	0.3434	0.2354	0.1907	0.1656	0.1493	0.1374	0.1286	0.1216	0.1160	0.1113	0.0942	0.0743	0.0567	0.0417
30	0.2929	0.1980	0.1593	0.1377	0.1237	0.1137	0.1061	0.1002	0.0958	0.0921	0.0771	0.0604	0.0457	0.0333
40	0.2370	0.1576	0.1259	0.1082	0.0968	0.0887	0.0827	0.0780	0.0745	0.0713	0.0595	0.0462	0.0347	0.0250
60	0.1737	0.1131	0.0895	0.0765	0.0682	0.0623	0.0583	0.0552	0.0520	0.0497	0.0411	0.0316	0.0234	0.0167
120	0.0998	0.0632	0.0495	0.0419	0.0371	0.0337	0.0312	0.0292	0.0279	0.0266	0.0218	0.0165	0.0120	0.0083
∞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla A.6 Valores críticos de la distribución F

v_2	$f_{0.05}(v_1, v_2)$								
	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Reproducida de la tabla 18 de *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. I, con autorización de E.S. Pearson

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO
INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, CON CEMENTO ECEBOL IP-40

Tabla A.13 Rangos estudentizados significativos mínimos $r_p(0.05; p, v)$

$\alpha = 0.05$									
v	p								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.68	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.48	3.493	3.501
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457
15	3.014	3.160	3.25	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294

Condensada de H. L. Harter, "Critical Values for Duncan's New Multiple Range Test", *Biometrics*, **16**, núm. 4, 1960, con autorización del autor y del editor.

ANEXO 8

ENCUESTAS REALIZADAS EN OBRAS CON CONSTRUCCION EN NUESTRO MEDIO

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS ING. CIVIL
ENCUESTA A LAS OBRAS EN CONTRUCCION
SOBRE EL CURADO DEL HORMIGÓN
No. DE ENCUESTA: 3

1. Ubicación de la obra
Zona Nueva Asunción
Parque 21 de noviembre

2. ¿Qué tipo de obra se está ejecutando?
Edificación de 5 niveles

3. Monto de la obra en Bs.

4. ¿Encargado de la ejecución de la obra?
Maestro albanil

5. Tipo de curado que se realiza en la obra
Curado intermitente

6. Si es el tipo de curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales de obra. ¿Cuántas veces se riega al día, por cuánto tiempo y cuantos días?
3 veces al día (mañana, tarde, noche)
durante 6 días (1 semana)

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS ING. CIVIL
ENCUESTA A LAS OBRAS EN CONTRUCCION
SOBRE EL CURADO DEL HORMIGÓN
No. DE ENCUESTA: 4

1. Ubicación de la obra
Zona 16 de Julio, Arturo Valle

2. ¿Qué tipo de obra se está ejecutando?
Galería y pasaje de 7 niveles

3. Monto de la obra en Bs.

4. ¿Encargado de la ejecución de la obra?
Técnico en construcción Civil

5. Tipo de curado que se realiza en la obra
No curar
Sólo hiedron y agua cuando
hace mucho sol

6. Si es el tipo de curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales de obra. ¿Cuántas veces se riega al día, por cuánto tiempo y cuantos días?
2 días y 3 veces al día

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

ING. CIVIL

**ENCUESTA A LAS OBRAS EN CONTRUCCIÓN
SOBRE EL CURADO DEL HORMIGÓN**

No. DE ENCUESTA: **3**

1. Ubicación de la obra
Nueva Esperanza

2. ¿Qué tipo de obra se está ejecutando?
*Edificio para Comercio de la
Educación UDEA*

3. Monto de la obra en Bs.
9.990.14 Bs.

4. ¿Encargado de la ejecución de la obra?
Ingeniero Civil

5. Tipo de curado que se realiza en la obra
Regado - Curado Intermitente

6. Si es el tipo de curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales de obra. ¿Cuántas veces se riega al día, por cuánto tiempo y cuantos días?
*3 veces al día
por 10 días*

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

ING. CIVIL

**ENCUESTA A LAS OBRAS EN CONTRUCCIÓN
SOBRE EL CURADO DEL HORMIGÓN**

No. DE ENCUESTA: **4**

1. Ubicación de la obra
*Nueva Asunción
Paraje 18 de Noviembre*

2. ¿Qué tipo de obra se está ejecutando?
Tiendas - 5 niveles

3. Monto de la obra en Bs.
—

4. ¿Encargado de la ejecución de la obra?
Maestro Albañil

5. Tipo de curado que se realiza en la obra
Riego - Curado intermitente

6. Si es el tipo de curado intermitente empleando los procedimientos tradicionales de obra. ¿Cuántas veces se riega al día, por cuánto tiempo y cuantos días?
*3 veces al día
1 semana*



2024-TTES-478-D-1

DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1474/2024
La Paz, 17 de mayo de 2024

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **10 de mayo de 2024**, por **ALVARO ELIAS CONDORI** con C.I. N° **9087915 LP**, con número de trámite **DA-E 300085/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO ECEBOL IP-40, DISPONIBLE EN LA CIUDAD DE LA PAZ"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena



fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN FUNCIÓN AL TIEMPO DE CURADO INTERMITENTE TRADICIONAL EN OBRA, PARA HORMIGONES ELABORADOS CON CEMENTO ECEBOL IP-40, DISPONIBLE EN LA CIUDAD DE LA PAZ"** a favor del autor y titular: **ALVARO ELIAS CONDORI** con C.I. N° **9087915 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/lm

Firmado Digitalmente por:
Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA

Firma:



0r1Ln3Tq1Mo39M

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CODIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Tells.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Tells.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Tells.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Tells.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Tells.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Círo Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Tells.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Tells.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Tells.: 72018160



NS/ISO 9001
IBNORCA



afaq
ISO 9001
Quality
AFIQR CERTIFICATION

U.M.S.A. Carrera de Ingeniería Civil

Autor: Alvaro Elias Condori **C.I.:** 9087915 L.P. **Cel.:** 63060936

Dirección: C. Chiriguano # S/N Z. Nueva Asunción - El Alto – Bolivia

Correo electrónico: alvaroeliascondori@gmail.com