



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**INFLUENCIA DEL AGUA DEL RÍO MOQUEGUA EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
PARA EL DISEÑO DE EDIFICACIONES, MARISCAL
NIETO - MOQUEGUA 2021**

PRESENTADA POR

BACHILLER PATRICIA JOVANNA APOMAYTA ORDOÑO

ASESOR

DR. ALBERTO CRISTOBAL FLORES QUISPE

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA - PERÚ

2022

CONTENIDO

	Pág.
PÁGINA DE JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática.....	1
1.2. Definición del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación y limitaciones de la investigación	4

1.5. Variables	7
1.5.1. Variable independiente	7
1.5.2. Variable dependiente	8
1.5.3. Operacionalización de variables	10
1.6. Hipótesis de la investigación.....	11
1.6.1. Hipótesis general	11
1.6.2. Hipótesis derivadas	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.....	12
2.2. Bases Teóricas	21
2.2.1. Agua del río Moquegua.....	21
2.2.2. Agua para mezclado.....	30
2.2.3. Resistencia a la compresión del concreto.....	44
2.3. Marco conceptual.....	71

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación.....	78
3.2. Diseño de investigación	79
3.3. Población y muestra.....	80
3.3.1. Población	80
3.3.2. Muestra.....	80
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	82
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	84

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados por variables	85
4.1.1. Fase administrativa	85
4.1.2. Fase de campo.....	88
4.1.3. Fase de laboratorio.....	90
4.2. Contratación de hipótesis	128
4.3. Discusión de resultados.....	134

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	146
5.2. Recomendaciones	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
APÉNDICES.....	156
MATRIZ DE CONSISTENCIA	211

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	10
Tabla 2. Parámetros y valores para el agua de uso del concreto.....	31
Tabla 3. Parámetros a evaluar en el agua para mezclado según la NTP339.08832	
Tabla 4. Característica de la muestra de agua del río Moquegua.....	80
Tabla 5. Conformación de la muestra de probetas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	81
Tabla 6. Puntos de geolocalización para extracción de muestras de agua.....	86
Tabla 7. Ubicación de la cantera Radcom 3.....	87
Tabla 8. Valores obtenidos de los parámetros de las muestras de agua del Río Moquegua.....	90
Tabla 9. Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la arena – Agua potable	97
Tabla 10. Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la piedra - Agua potable	99
Tabla 11. Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Arena (ASTM C 566) - Agua potable	101
Tabla 12. Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Piedra (ASTM C 566) - Agua potable	101
Tabla 13. Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Arena (ASTM C 128) - Agua potable	101
Tabla 14. Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Piedra (ASTM C 127) - Agua potable	102

Tabla 15.	Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Fino - Agua potable	103
Tabla 16.	Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Grueso - Agua potable	103
Tabla 17.	Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la arena – Agua río Moquegua	104
Tabla 18.	Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la piedra – Agua río Moquegua	106
Tabla 19.	Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Arena (ASTM C 566) – Agua río Moquegua	108
Tabla 20.	Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Piedra (ASTM C 566) – Agua río Moquegua	108
Tabla 21.	Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Arena (ASTM C 128) – Agua río Moquegua	108
Tabla 22.	Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Piedra (ASTM C 127) – Agua río Moquegua	109
Tabla 23.	Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Fino – Agua río Moquegua	110
Tabla 24.	Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Grueso – Agua río Moquegua	110
Tabla 25.	Cantera Radcom 3: Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 210.00$ kg/cm ² – Agua potable	111
Tabla 26.	Cantera Radcom 3: Materiales para 1m ³ / Concreto – Agua potable	112

Tabla 27.	Cantera Radcom 3: Corrección por Humedad y Absorción para 1m3 / concreto – Agua potable.....	112
Tabla 28.	Cantera Radcom 3: Dosificación por Bolsa – Agua potable	112
Tabla 29.	Cantera Radcom 3: Diseño de mezcla de concreto f 'c = 210.00 kg/cm2 – Agua río Moquegua.....	113
Tabla 30.	Cantera Radcom 3: Materiales para 1m3 / Concreto – Agua río Moquegua.....	113
Tabla 31.	Cantera Radcom 3: Corrección por Humedad y Absorción para 1m3 / concreto – Agua río Moquegua.....	114
Tabla 32.	Cantera Radcom 3: Dosificación por Bolsa – Agua río Moquegua	114
Tabla 33.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 07 días	115
Tabla 34.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 14 días	116
Tabla 35.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 28 días	117
Tabla 36.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 35 días	118
Tabla 37.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 07 días	119
Tabla 38.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 14 días	120
Tabla 39.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 28 días	121

Tabla 40.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 35 días.	122
Tabla 41.	Detalle de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto.	132

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Patrones de drenaje en una cuenca	29
Figura 2. Características de las corrientes.....	30
Figura 3. Curva típica de correspondencia entre la resistencia media a la compresión y la relación agua-cemento del concreto a diferentes edades	52
Figura 4. Correspondencia entre el logaritmo de la resistencia media a la compresión y la relación agua-cemento a distintas edades	52
Figura 5. Representación esquemática de la interacción entre la matriz y los agregados constituyentes del concreto	57
Figura 6. Resistencia del concreto contra relación agua-cemento, para diferentes grados de compactación.....	59
Figura 7. Correspondencia entre la resistencia y la relación agua-cemento para concreto con aire y sin aire incluido	60
Figura 8. Eficiencia del cemento en kg/m ³ contra kg/cm ²	63
Figura 9. Resistencia a la compresión del concreto, para varios tamaños máximos de los agregados y diferentes relaciones agua-cemento	63
Figura 10. Resistencia a la compresión del concreto, para varios tamaños máximos de los agregados y diferentes relaciones agua-cemento	65
Figura 11. Aumento promedio de la resistencia a la compresión del concreto, con el tiempo, para varios cementos tipo I colombianos	67
Figura 12. Aumento promedio de la resistencia a la compresión del concreto, con el tiempo, para varios cementos tipo I colombianos	68

Figura 13. Valores de C y K para varios cementos tipo I colombianos.....	68
Figura 14. Efecto de las condiciones de humedad durante el curado	70
Figura 15. Parámetro Materia Orgánica NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2	91
Figura 17. Parámetro Residuo Insoluble NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2	92
Figura 18. Parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2	93
Figura 19. Parámetro Sulfatos NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2.....	94
Figura 20. Parámetro Cloruros NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2.....	95
Figura 21. Parámetro Alcalinidad NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2	96
Figura 22. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Arena - Agua potable .	98
Figura 23. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Piedra - Agua potable	100
Figura 24. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Arena – Agua río Moquegua	105
Figura 25. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Piedra – Agua río Moquegua	107
Figura 26. Agua del río Moquegua vs Agua Potable (f 'cr) – Edad 07 días.	123
Figura 27. Agua del río Moquegua vs Agua Potable (f 'cr) – Edad 14 días.	124
Figura 28. Agua del río Moquegua vs Agua potable (f 'cr) – Edad 28 días.....	125
Figura 29. Agua del río Moquegua vs Agua potable (f 'cr) – Edad 35 días.....	126
Figura 30. f 'cr del Agua de río Moquegua vs Agua potable por edades.	127

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1	51
Ecuación 2	51
Ecuación 3	53
Ecuación 4	67

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A Cotización enviada a laboratorio SGS del PERÚ S.A.C.	156
Apéndice B Cotización enviada a laboratorio de suelos L y D.....	157
Apéndice C Cotización recibida de laboratorio SGS del Perú S.A.C.....	158
Apéndice D Cotización recibida de laboratorio de suelos L y D.....	160
Apéndice E Formato OI del laboratorio SGS del Perú S.A.C	161
Apéndice F Cadena de custodia para monitoreo de agua del laboratorio SGS del Perú S.A.C.	164
Apéndice G Informe de ensayo MA2126261 Rev. 0 del laboratorio SGS del Perú S.A.C.....	165
Apéndice H Informe de ensayo de laboratorio de Suelos y Concreto L y D – agua potable.....	170
Apéndice I Informe técnico del laboratorio de suelos L y D – agua de río Moquegua	179
Apéndice J Galería fotográfica.....	189

RESUMEN

La investigación se basó en analizar la influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones, Mariscal Nieto – Moquegua 2022, mediante la evaluación de los parámetros físico-químicos del agua del río y cumplimiento con los límites establecidos en la NTP 339.088. Se procedió con la extracción del agua en dos estaciones según los protocolos del laboratorio SGS del Perú S.A.C. definiendo los parámetros físico-químicos. Para una $f'c=210$ kg/cm² se empleó agregados de la cantera Radcom 3 y cemento tipo IP, elaborando 34 probetas divididas en dos grupos: uno de control de agua potable y otro de estudio de agua de río, calculando la resistencia a la compresión a edades de 7, 14, 28 y 35 días, cumpliendo el protocolo del laboratorio de suelos y concreto. El resultado de ensayar las probetas de agua de río, alcanzó una resistencia mayor al 90% con respecto a las probetas de control, y los parámetros físico-químicos del agua del río Moquegua, cumplen los límites establecidos en la norma, a excepción del parámetro Ph, que supera en promedio un 0.365 al rango máximo. Se concluye que el agua del río Moquegua es apta para la elaboración del concreto y que sus propiedades físico-químicas no alteran la resistencia del concreto, sino que contribuyen a que esta sea adecuada.

Palabras clave. Agua de río, resistencia a la compresión, concreto, parámetros físico-químicos, diseño de mezcla.

ABSTRACT

The research was based on analyzing the influence of the Moquegua river water on the compressive strength of concrete for the design of buildings, Mariscal Nieto - Moquegua 2021, through the evaluation of the physical-chemical parameters of the river water and its compliance with the limits established in the NTP 339.088. The water was extracted at two stations according to the protocols of the SGS del Perú S.A.C. defining the physical-chemical parameters. For an $f'c=210$ kg/cm², aggregates from the Radcom 3 quarry and type IP cement were used, preparing 34 specimens divided into two groups: one for drinking water control and the other for river water study, calculating the resistance to compression at ages of 7, 14, 28 and 35 days, complying with the protocol of the laboratory of soils and concrete. The result of testing the river water specimens, reached a resistance greater than 90% with respect to the specimens of control, and the physical-chemical parameters of the Moquegua river water, meet the limits established in the standard, with the exception of the Hp parameter, which exceeds the maximum range by an average of 0.365. It is concluded that the water of the Moquegua River is suitable for the production of concrete and that its physical-chemical properties do not alter the resistance of the concrete, but rather contribute to its being adequate.

River water, compressive strength, concrete, physicochemical parameters, mix design.

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso que tiene una alta demanda en la población, siendo utilizado para el consumo humano y para la industria de la construcción; actualmente el planeta afronta un problema medio ambiental que está afectando la disponibilidad del recurso hídrico apto para el consumo humano, teniendo que buscar alternativas para reemplazar el agua potable en los procesos constructivos, que permita mantener inalterables las características del concreto que son fundamentales para que una estructura se comporte de manera adecuada ante las fuerzas actuantes externas; la resistencia a la compresión del concreto es la propiedad principal que le proporciona los atributos necesarios a la estructura en su estado de periodo de vida útil, logrando cumplir con las exigencias del diseño y generando en la población la confianza necesaria de una edificación segura que resguarde su vida durante la ejecución de sus actividades personales o laborales.

En la presente investigación denominada “Influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones”, la cual se basa en la indagación de las características del agua del río Moquegua y el efecto que genera en la resistencia a las fuerzas de la compresión de un concreto, obteniendo datos resultantes que nos demostraran que la añadidura de este elemento hídrico alternativo para la reacción del cemento y la mezcla de los elementos que conforman un concreto, conserva los parámetros de calidad para su uso y aplicación en los procesos constructivos. La investigación está enmarcada en los parámetros estipulados por la unidad de investigación de la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad José Carlos Mariátegui; conteniendo diferentes capítulos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En base a los hechos acontecidos se concluye que actualmente el consumo de agua potable se ha incrementado a consecuencia del aumento de la población, siendo el área de la construcción un sector de consumo en gran medida de este recurso; por otro lado, la contaminación ambiental y el calentamiento global cada vez empeoran la situación del planeta, por lo que se debería plantear otras alternativas que contribuyan al cuidado de este recurso con un uso adecuado, ideando otras opciones para su utilización en el ámbito industrial, dejando exclusivamente el agua potable para el consumo de la población y satisfacer sus necesidades biológicas.

En la localidad de la presente investigación, anualmente se desperdicia una gran cantidad del agua del río Moquegua la cual termina desembocando en el mar, siendo factible su utilización para el rubro de la construcción.

Las obras de ingeniería estructural requieren un estricto control para definir los parámetros y cálculos en el proceso del diseño, teniendo en cuenta que la magnitud de las obras debe cumplir diferentes criterios como son la seguridad, la calidad y la resistencia.

El uso o fin de una edificación limita el mínimo de resistencia estructural que debe presentar para que el presente sistema sea funcional; teniendo en cuenta la resistencia a la que se desea llegar, se determinara en base a los parámetros establecidos una configuración en base a los diseños estipulados de un concreto, en el que el principal y el tema de estudio será la adición del recurso hídrico, que en base a lo expuesto anteriormente, ya no sería una opción la utilización del agua potable para el diseño del concreto, teniendo que buscar alternativas para lograr reemplazar el insumo, siendo lo más coherente buscar cuerpos de agua accesibles y no potables para la preparación del mortero o concreto; el nuevo insumo tendrá que adicionar las características suficientes, para que se logre el objetivo que es obtener una resistencia de calidad y adecuada o solicitada para el diseño estructural que se desea plantear; además el recurso hídrico a utilizar tendrá que cumplir con una serie de parámetros establecidos en la normatividad vigente.

Sabiendo que los factores importantes a tener en cuenta para elegir un recurso hídrico factible para los procesos constructivos, son: costos, accesibilidad, disponibilidad y tiempo; ya que en base a estos requerimientos se logrará mantener el presupuesto sin que la tendencia del costo aumente excesivamente, si no buscar la posibilidad de la optimización de estos, mejorando los procedimientos empleados. Es por eso que este proyecto tiene la misión de determinar cuál es la influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es la influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones, Mariscal Nieto – Moquegua 2021?

1.2.2. Problemas específicos.

- a) ¿Los valores de los parámetros químicos de las muestras del agua del río Moquegua se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa técnica peruana?
- b) ¿Los valores de los parámetros físicos de las muestras del agua del río Moquegua se encuentran dentro del rango establecido en la normativa técnica peruana?
- c) ¿Cuál es el efecto que genera el agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Analizar la influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones, Mariscal Nieto – Moquegua 2021.

1.3.2. Objetivos específicos.

- a) Evaluar los parámetros químicos de las muestras del agua del río Moquegua para determinar si los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa técnica peruana.

- b) Evaluar los parámetros físicos de las muestras del agua del río Moquegua que para determinar si los valores obtenidos se encuentran dentro del rango establecido en la normativa técnica peruana.
- c) Analizar cuál es el efecto que genera el agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua.

1.4. Justificación y limitaciones de la investigación

El concreto es un compuesto que en su estructura contiene elementos como el cemento, aire, compuestos consolidados o también conocidos como agregado fino con agregado grueso y el agua, siendo este último insumo un elemento usado para la mezcla de estos elementos. Este recurso hídrico es importante e indispensable para provocar una reacción en las propiedades del cemento, como es su capacidad ligante que produce la unión o cohesión de todos los componentes que participan en el diseño o configuración de una combinación de los elementos para obtener el concreto en diferentes proporciones según la resistencia que se desea lograr.

1.4.1. Relevancia Técnica.

Este proyecto enmarcado en los parámetros de la investigación basa su justificación para su elaboración en la necesidad de realizar un análisis del impacto que genera el agua del río Moquegua en la resistencia del concreto, ya que, las propiedades esenciales que presenta son la resistencia y la durabilidad, siendo características importantes para darle la funcionalidad que se desee a una edificación y el comportamiento adecuado ante la acción de fuerzas externas como son las principales el peso y la fuerza sísmica.

Al ser el recurso hídrico un insumo elemental para la elaboración del concreto en obra, es que existe la necesidad de conocer si este recurso hídrico extraído puede afectar a las propiedades del concreto, analizando sus características y composición se podrá determinar si este tipo de agua puede influenciar de alguna forma en sus propiedades, específicamente en la tolerancia que ejerce un concreto a la fuerza de compresión.

1.4.2. Justificación Social y Ambiental.

El presente proyecto basa su justificación para el ámbito social y ambiental, porque permitirá contar con una opción más factible y viable para la utilización del recurso hídrico para el concreto, dejando el uso del agua potable para el consumo humano de manera exclusiva, de esta manera se estará contribuyendo al uso adecuado de este recurso y su conservación, y así se logrará contar con una reserva para generaciones futuras, esperando que con un menor consumo de agua potable, los gobiernos gestionen y consigan un saneamiento completo de toda la población que aún no cuenta con este elemento, especialmente en nuestro país. Así mismo la utilización del agua de río para el concreto ayudaría a preservar en cierta forma el medio ambiente, no favoreciendo al desperdicio del agua potable en actividades industriales que no lo ameritan, sino que se aprovecharía un recurso hídrico que cada año se pierde en el mar sin ningún uso; esta sería una buena opción para contribuir en la búsqueda de alternativas para un mejor desarrollo tanto social y ambiental en nuestro planeta.

1.4.3. Justificación Económica.

Teniendo en cuenta el apartado económico; tenemos por conocimiento que el agua para consumo humano sigue un riguroso proceso de tratamiento para que cumpla los estándares mínimos en los cuales se elimina casi en su totalidad el contenido de minerales, entonces, un tipo de agua natural como es la del río Moquegua, presentaría en su sistema los compuestos minerales sin una aparente alteración, que al entrar en interacción con los demás elementos para el proceso de elaboración de un concreto, nos aportaría mayores componentes sólidos a nivel específico, dando a comprender que beneficiara a la propiedad de resistencia a la compresión del concreto, optando por disminuir las cantidades a utilizar de los demás materiales como son los agregados y el cemento.

En el proceso de valorización con respecto al agua de río, solo se tomaría en cuenta el costo por extracción y traslado, pero ya no se incluiría el precio por el recurso hídrico, al ser un cuerpo de agua disponible para emplearse en las diferentes actividades, que se vean por conveniente y en este caso en particular para los procesos constructivos.

1.4.4. Relevancia Práctica.

Por lo tanto, la justificación del proyecto de investigación en mención se basa en la necesidad de determinar cuál es la influencia o efecto del agua de río Moquegua en la resistencia o tolerancia a la compresión del concreto en nuestra localidad. El análisis proporcionara un conocimiento más amplio para la comunidad científica sirviendo como una base para el crecimiento teórico de este tema y la aplicación en los procesos constructivos.

Los datos obtenidos serán de gran utilidad para futuros estudios en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, especialmente para la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la UJCM.

Los resultados de este estudio aumentaran el conocimiento técnico de la utilización de insumos alternativos para los métodos empleados en la fabricación de un concreto, no encapsulándonos en el método convencional, buscando siempre implementar el proceso de la investigación en base a parámetros únicos de cada localidad o zona de estudio, teniendo en cuenta que la interacción de estas variables ya están en un proceso o sistema armónico, por ende, la inclusión de los mismos para el desarrollo o la construcción de diferentes edificaciones tendrá una base o una perspectiva favorable para que la añadidura de elementos extraños sea cada vez menor.

Así mismo, esta investigación se justifica porque en la actualidad en la región de Moquegua, no existen estudios ni investigaciones que hayan logrado profundizar a tal detalle en base a las características del río Moquegua y los efectos favorables para la elaboración de un concreto como para la optimización del gasto económico de la población que decide emprender el proyecto de construir una edificación.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente.

Agua del río Moquegua

Se define como:

En el cauce del río se suscitan diferentes fenómenos como la propiedad que trabaja en base a los principios del escurrimiento que tiene la particularidad de ser

nutrido por un total de cuatro cuerpos de agua: precipitación producto de las lluvias, flujo sub superficial, flujo intenso base y la característica del escurrimiento directa. Recordando que cada elemento mencionado presentara características únicas y especiales.(Breña & Jacobo, 2006)

El recurso hídrico utilizado para la elaboración de concretos presenta funciones específicas en su proceso, pero se tiene que resaltar las principales como son el porcentaje de humedad que le proporciona al cemento y la trabajabilidad que añade al proceso de la interacción de los elementos. De la totalidad del recurso hídrico que se utiliza para la elaboración de un concreto o un mortero, un porcentaje humedece el cemento y el sobrante no genera cambios en la mencionada, teniendo en cuenta que con el tiempo este porcentaje se evapora de la mezcla, al generarse este principio deja en su lugar un porcentaje de vacíos que afectan negativamente a las características de un concreto. (Rivera, 2013)

1.5.2. Variable dependiente.

Resistencia a la compresión del concreto

Se define como:

La combinación de los elementos como agregado fino, agregado grueso, aire, agua y cemento Portland son necesarios para la obtención de un concreto, recordando que si queremos obtener aspectos particulares o características específicas como la resistencia o tolerancia al concreto se tendrá en cuenta los porcentajes de inclusión de cada elemento.(Abanto, 2009)

Para lograr obtener las cantidades adecuadas para obtener una característica particular del concreto, se deberá realizar una serie de pruebas o elaborar especímenes que contendrán un proceso similar, pero con porcentajes diferentes

permitiendo obtener el diseño calculado en gabinete para el proceso constructivo. Cabe mencionar, que los datos obtenidos en los ensayos de especímenes en el laboratorio no serán idénticos a los obtenidos en campo, ya que, se presentara una variabilidad de resistencias, pero manteniendo los resultados en base a un parámetro de seguridad para el cumplimiento de la calidad. (Rivera, 2013)

1.5.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Sub Indicadores	Valores Finales	Tipo de Variable
Agua del río Moquegua	Materia Orgánica (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Análisis químico	mg/L ppm	Numérica Continua
	Residuo Insoluble (Sólidos Totales en Suspensión)	Análisis químico	mg Solidos Totales en Suspensión/L ppm	
	Alcalinidad Total	Análisis químico	mgCaCO ₃ /L ppm	
	Sulfatos	Análisis químico	mg/L ppm	
	Cloruros	Análisis químico	mg/L ppm	
	Potencial de Hidrógeno (pH)	Análisis físico	pH unid	
Resistencia a la compresión del concreto	Consistencia	Ensayo de cono de Abrams	cm	Numérica Continua
	Resistencia	Ensayo de resistencia a la compresión	kg/cm ²	Numérica Continua

1.6. Hipótesis de la investigación.

1.6.1. Hipótesis general.

La influencia del agua del río Moquegua aumenta la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones, Mariscal Nieto – Moquegua 2021.

1.6.2. Hipótesis derivadas.

- a) Los parámetros químicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa técnica peruana.
- b) Los parámetros físicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que se encuentran dentro del rango establecido en la normativa técnica peruana.
- c) El efecto que genera el agua del río Moquegua aumenta la magnitud en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Internacional.

Julio y Morales (2018) Sostentaron la tesis “Influencia de la calidad del agua de lluvia en la resistencia a compresión de morteros hidráulicos”. (Tesis de Titulo). Universidad de la Costa. Colombia. Cuyo objetivo fue evaluar el efecto que presentaba al añadir el recurso hídrico que producían las lluvias en la resistencia o tolerancia de concretos hidráulicos. Primeramente, se realizaron los procedimientos adecuados para corroborar que el agua de la lluvia cumpliría con los estándares mínimos de calidad estipulados en la normativa vigente de Colombia. Una vez comprobada esta característica se utilizare el presente recurso de agua en el proceso de fabricación de morteros, teniendo en cuenta que para añadir este elemento al proceso mencionado se debe considerar las características químicas y físicas: pH, alcalinidad, color, turbiedad, dureza, entre otros. Se realizó la elaboración de dos tipos de concretos para tener un parámetro de evaluación en base a un estándar, se elaboró un concreto con agua potable y un concreto que incluyera la adición de agua de lluvia; el parámetro de supervisión para evaluar la compresión se realizará a los

7, 14 y 28 días. Se concluyó que la confección de una mezcla para mortero utilizando agua lluvia no contribuyó a cambios significativos en su resistencia a la compresión y parámetros físicos, estadísticamente hablando observamos que la diferencia entre sus resultados a los días de falla analizados no supera el 5%, con respecto al control base (agua potable), por lo que puede ser empleada sin problema para la elaboración de algunos morteros hidráulicos. (Julio & Morales, 2018)

Orozco y Palacio (2015). Sustentaron la tesis “Influencia de las características del agua subterránea en la resistencia de las unidades de mampostería de concreto con perforaciones verticales de fabricación artesanal. Caso de estudio: Villanueva, Bolívar”. (Tesis de Título). Universidad de Cartagena. Colombia. El proyecto consistía en utilizar recurso hídrico del sub suelo del municipio villa nueva-bolívar, con el objetivo de corroborar si la añadidura de las características del cuerpo de agua utilizado para la fabricación incluía o genera un efecto en la tolerancia de los bloques de esta zona a la fuerza de compresión y en base a este suceso consignar las recomendaciones necesarias para el empleo adecuado de esta agua en estudio. Luego de toda la producción de los bloques #4 y #6, se tuvo en cuenta muchas cosas como el almacenamiento, el transporte, el curado y sobre todo el marcar los bloques, luego de esto se ensayaron todas las muestras y se fue tomando nota, para finalizar con el análisis de los datos, los resultados arrojaron que al utilizar el recurso hídrico subterráneo genera un efecto negativo en la resistencia o tolerancia de un 11% como valor máximo, siendo un dato que no tiene una consecuencia relevante, se aconseja que al emplear el agua en estudio se tome en cuenta el uso de arena proveniente del río y aglutinantes Argos con el propósito

de aminorar el porcentaje menciona en lo máximo posible. (Orozco & Palacio, 2015)

Arráez (2013). Sustento la tesis “Correlación entre los parámetros fisicoquímicos y la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agua del río Magdalena”. (Tesis de Título). Universidad de Cartagena. Colombia. Cuyo objetivo fue encontrar la correlación que existe en alguno de los parámetros físico-químicos y la resistencia o tolerancia a la compresión de un concreto, el cual en su proceso de elaboración se le incluyó agua del río Magdalena, buscando generar una premisa que establezca que es factible la fabricación o elaboración de morteros que alcancen una resistencia de 3000 psi y 4000 psi. Los resultados obtenidos demuestran que al usar un recurso hídrico del tipo potable lograron un porcentaje de resistencia que oscila entre el 97% y 98% en base a las normas utilizadas; para el caso del concreto elaborado con agua de río se obtuvieron porcentajes que presentan un límite que varía entre el 66% al 80%, teniendo en cuenta lo establecido este parámetro de porcentajes no sería factible para un concreto de calidad, lo que permitiría definir que el concreto elaborado con la añadidura de este tipo agua no deberá ser utilizado para elementos estructurales. Luego se procedieron a analizar los datos del análisis físico-químico de los elementos presentes en el agua del río Magdalena, percibiendo ciertas impurezas indicando como conclusión la inexistencia de una correlación entre los límites estipulados visualizados en esta investigación y la resistencia o tolerancia lograda para concretos de 3000 psi y 4000 psi. (Arraez, 2013)

2.1.2. Nacionales.

López y Barbaran (2019). Sustentaron la tesis “Estudio de la variación de resistencia del concreto de arena utilizando agua clorificada del río Itaya en el distrito de Belen-2019”. (Tesis de Título). Universidad Científica del Perú. Cuyo objetivo fue analizar la influencia del cloro en el agua del río en la resistencia a la compresión para estructuras sin esfuerzos, el lugar de estudio pertenece a un tramo del río Itaya, Distrito de Belén, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, Perú. Se utilizó un total de 108 probetas, con resultados de coeficiente de correlación de Pearson de las dosificaciones (100mg/lit, 200mg/lit). La relación de agua/cemento usada fue de 0.60. En base a los resultados y análisis logrados se pudo concluir que la resistencia obtenida por la prueba de ruptura de probetas en los tiempos de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días, dieron como resultados que a los 28 días se obtuvo valores máximos de las dosificaciones correspondientes; en conclusión, la resistencia varía al adicionar cloro al agua del río Itaya. (López & Barbaran, 2019)

Tello y Tello (2018) Sustentaron la tesis “Influencia del uso de agua del pozo irhs-42 del balneario los palos en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en el distrito de la Yarada – los palos de la provincia de Tacna”. (Tesis de Título). Universidad Privada de Tacna. En el presente proyecto se denoto como un objetivo principal definir el efecto al usar un tipo de agua proveniente de un pozo IRHS-42 ubicado en el balneario denominado Los Palos en la resistencia o tolerancia del mortero, procediendo a obtener los datos del análisis químico de presencias del agua del pozo y evaluando en el proceso de diseño de una mezcla de concreto la calidad de ese elemento. Los resultados mostraron que existía un

contenido alto de sales solubles totales, cloruros y sulfatos, elementos que perjudican en la tolerancia de un concreto a la resistencia a la compresión que superan el máximo permisible según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mas no de la Norma Técnica Peruana 339.088. Los ensayos realizados en base a la tolerancia a las fuerzas de compresión aseveraron que las probetas que se elaboraron con un cemento tipo HE con la añadidura del recurso hídrico proveniente de agua de pozo presentaban una resistencia de menor magnitud en base a la obtenida con la adición de agua potable con un porcentaje de 8.30% a un tiempo de 28 días de iniciado el curado, demostrando que al utilizar un agua o cuerpo de agua proveniente del balneario Los Palos disminuirá la tolerancia a la compresión de un mortero fabricado con cemento tipo HE, este suceso ocurre por el contenido químico que es perjudicial para la resistencia del concreto. Se realizo una serie de ensayos para demostrar si existía una variabilidad con respecto al incremento de la resistencia, teniendo en cuenta que al usar cemento tipo HS y HE, se logró concluir que el HE presenta una variabilidad superior positiva. A pesar que los efectos producidos por los elementos químicos presentes en el agua de pozo exceden los parámetros permitidos, esta elaboración de concreto se cataloga como apta teniendo en cuenta que se obtuvieron resistencia a la compresión a los 28 días variando entre los valores de 210 kg/cm² a 311.5 kg/cm². (Tello & Tello, 2018)

Aliaga (2017). Sustento la tesis “Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja”. (Tesis de Título) Universidad Peruana Los Andes. Cuyo objetivo general fue encontrar cual era el efecto del agua con intervención humana en su tratamiento sobre las características físicas del mortero para los lugares de Concepción,

Chupaca y Jauja, cuya hipótesis general es el efecto y la influencia del agua tratada sobre las propiedades que presenta un concreto en el ámbito físico de las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja. Concluyendo que el recurso hídrico de las plantas donde se realiza el respectivo tratamiento de aguas negras o residuales (PTAR) tiene una influencia significativa en las características físicas de un mortero para las provincias que se mencionaron para el presente estudio, teniendo en cuenta que se cumple con los límites estipulados en las normativas que rigen este proceso, en base a lo considerado se estipula que es recomendable el uso de las aguas residuales para la fabricación de morteros en los procesos constructivos y fomentar la preservación del recurso hídrico para el consumo fundamental de la población de la región. (Aliaga, 2017)

Cruzado y Li (2015). Sustentaron la tesis “Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado”. (Tesis de Título). Universidad Privada Antenor Orrego. En el presente proyecto se basaron los procesos en la comparación de las resistencias o tolerancias a la compresión de los especímenes elaborados en base a un mortero que alcanza un parámetro de resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para el proceso de fabricación se utilizó varios tipos de recurso hídrico como son el agua potable, el cuerpo de agua de ríos y el recurso hídrico del sub suelo, utilizando un aglutinante de la marca Pacasmayo extraforte y los agregados pétreos se extrajeron de la cantera gelacho – laredo, con el objetivo de definir sus parámetros de comportamiento en el ámbito mecánico y sus variaciones. En el proceso de análisis se realizaron probetas para ensayar a un periodo de tiempo en días de 7, 14 y 28 con la premisa de determinar los parámetros en base a los datos obtenidos después de aplicar el

ensayo y después realizar un comparativo con los definidos por la normativa vigente. Los resultados, nos permitieron determinar que el recurso hídrico proveniente del sub suelo logro la tolerancia mayor a las fuerzas que someten al concreto a su resistencia, después de procesar todos los datos se obtuvo la media que es un valor de 238 kg/cm², el agua potable o de consumo humano logro un promedio en base a su resistencia de 226 kg/cm², en el caso del agua que proviene del río Moche fue de 186 kg/cm², concluyendo que el último cuerpo de agua sería la alternativa con menor porcentaje de aplicación en concretos o morteros normales sin ninguna adición. (Cruzado & Li, 2015)

2.1.3. Locales.

Calizaya (2017). Sustentó la tesis “Análisis estructural y diseño sísmico comparativo por capacidad y resistencia, de un edificio para oficinas en el centro poblado de los Ángeles - Moquegua 2017”. (Tesis de Grado). Universidad José Carlos Mariátegui. Cuyo objetivo principal fue el análisis y la comparación de un diseño en base a parámetros sísmicos por capacidad y resistencia, de una edificación diseñado para el uso de oficinas, ubicado en el Centro Poblado de los Ángeles del departamento de Moquegua, utilizando ambos métodos para el diseño que se incluiría en el proceso. Conclusiones: a) Se ha analizado y comparado el diseño con parámetros sísmicos que incluye la capacidad y resistencia, en el tipo de edificación para uso de oficinas, usando ambas metodologías para la aplicación del diseño con parámetros sísmicos en concreto armado; y los resultados numéricos y de diseño se muestra de manera explícita para cada caso en el capítulo IV. b) Se comprueba que los parámetros establecidos en el proceso del análisis de estructuras causan un efecto relevante, consiguiendo que se realice la aplicación del análisis estadístico

(prueba de t de student) un valor de $t=4,705$ y un valor de $P= 4,76e-06$ con un nivel de confianza del 95 %. (Calizaya, 2017)

Tiña (2018). Sustentó el trabajo de suficiencia “Análisis y diseño sísmico resistente en albañilería confinada en edificio de 4 pisos”. (Trabajo suficiencia de Grado). Universidad José Carlos Mariátegui. Cuyo objetivo principal será que al realizar un diseño estructural se preserve que el sistema no contenga perjuicios por efectos de los parámetros sísmicos de nivel moderado y en base a un sismo de escala severa, el sistema estructural no contempla la posibilidad de colapso permitiendo realizar procesos de restauración para devolver la funcionalidad inicial; para que se logre con este parámetro se procederá a realizar la limitación de desplazamientos que existen en los presentes entrepisos, proporcionando a la edificación una característica de ductilidad. Se concluirá con un diseño de muros en albañilería, teniendo que considerar en el diseño placas para que el sistema estructural pueda tolerar la energía sísmica a la que será sometida durante los eventos sismológicos. Conclusiones: a) En el sistema estructural propuesto se puede determinar que después de realizar el proceso de iteración tenemos dos muros X3 y X5 en el sentido X-X que no estarían cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa vigente E.070, en base a esto se optara por cambiar su diseño de albañilería a concreto armado con un comportamiento en base a placas que actúan ante las fuerzas de la energía sísmica. b) Se corrobora que los parámetros seleccionados para la elaboración del análisis de la estructura afectan de manera relevante, obteniendo luego de aplicar el proceso estadístico (prueba de t de student) un valor de $t=4,705$ y un valor de $P= 4,76e-06$ con un nivel de confianza del 95 %. Se puede apreciar que en base a los valores el diseño de los presentes muros de albañilería y

concreto armado cumplen con los parámetros de la normativa, resistiendo y comportándose de manera óptima ante la acción de las fuerzas producidas por la energía sísmica. c) Se concluye que para lograr cumplir con los parámetros establecidos de la normativa se deben tener en cuenta los conceptos básicos del tema que respalda el proceso de aplicación y un criterio de análisis que permita determinar los procesos correspondientes en el diseño. (Tiña, 2018)

Mamani (2018). Sustentó el trabajo de suficiencia “Diseño de estructuras de disipación”. (Trabajo suficiencia de Grado). Universidad José Carlos Mariátegui. Cuyo objetivo principal es el de proporcionar al diseñador una fuente de información teórica y práctica, de mucha utilidad para realizar el diseño eficiente de estructuras de disipación; asimismo se presenta un caso aplicativo del diseño de una obra hidráulica denominada rápida correspondiente al Sifón de Tumulaca del Proyecto Especial Regional Pasto Grande, Moquegua, para el cual se realizó el diseño topográfico, geológico, hidráulico y geométrico. Conclusiones: a) Se proporcionaron los parámetros más simples posibles para diseñar las estructuras de disipación más comunes añadiéndole a cada tipo de estructura, recomendaciones de diseño. b) Se describieron los criterios básicos para el diseño de las estructuras de disipación de energía. c) Se brindaron conceptos teóricos recopilados de diferentes autores de la manera más entendible posible. d) Se realizó el diseño de una estructura hidráulica, en este caso una rápida construida en la región Moquegua, cuyos resultados se compararon y comentaron apropiadamente. (Mamani, 2018)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agua del río Moquegua.

Breña & Jacobo (2006); respecto al agua de río indicaron lo siguiente:

2.2.1.1. Introducción.

Como se conceptualiza la Hidrología, según Dingman (1994), indica “Que es la ciencia en materia que puntualiza su estudio en el ciclo del agua o hidrológico de manera global y a los sucesos que se desarrollan en el hemisferio continental del ciclo en mención, esto quiere decir que la presente se denomina como la geociencia que predice y describe lo siguiente:

- ✓ El proceso de alteraciones en el espacio y en el tiempo que sufre el agua en las etapas vinculadas a los medios del terreno, del océano y de la atmósfera que encapsulan todo el sistema hidrológico global.
- ✓ El comportamiento del agua en base a su movimiento que ocurre en la superficie y en el interior del terreno, que incluye procesos biológicos, químicos y físicos que suceden en todo el ciclo.

2.2.1.2. Escurrimiento.

En base el ciclo de la hidrología, se conceptualiza como la parte de las lluvias pluviales que se dan lugar en zonas o cuencas hidrológicas y que se suscita en la superficie o en el interior del terreno, llegando a unirse a una respectiva corriente para ser sometida a un proceso de drenado hasta concluir o nutrir un lago existente teniendo como variante el poder realizar este proceso en una cuenca de tipo abierto o cerrado.

Ahora teniendo en cuenta que el escurrimiento es nutrida por cuatro cuerpos de agua que varían en base su composición física y cuentan con

propiedades únicas y esenciales que son parte de un ciclo, las que son las siguientes.

2.2.1.2.1. Fuentes del escurrimiento.

El principio de este suceso ocurre en la superficie del terreno cuando la humedad presente tiene una proporción que es similar a un estado de saturación. Consecuentemente como parte del proceso se visualizará un flujo del recurso hídrico en toda la superficie de su estructura como en el interior de la misma, este comportamiento se suscita cuando el flujo constante encuentra fisuras en la estructura o partes de la estructura que estén compuestas por elementos distintos, a este proceso particular se le denomina flujo en un estado subsuperficial.

En la primera situación, se entiende que el flujo se añade a la estructura de flujos existente en el terreno que se denomina como drenaje. En el proceso de ocurrencia del segundo caso, el recurso hídrico tendrá la posibilidad de atravesar los materiales que tengan presencia de porosidad, permitiendo acceder a ubicaciones con mayor profundidad, otro porcentaje se mantendrá estático en un sitio por un tiempo estando de manera temporal y el porcentaje sobrante de los sucesos anteriores procederá a volver a la superficie del terreno que se unirá con el transcurso del tiempo a diferentes cuerpos de agua.

Para la clasificación de las fuentes principales del escurrimiento la cual se basa en cuatro tipos: lluvias perpendiculares al cauce, flujo interior del terreno, flujo base y el suceso del escurrimiento de manera directa.

Precipitación directa sobre el cauce. Este genera un aporte relevante en comparación con los otros sucesos que ocurren para la alimentación de los ríos,

su comportamiento es consecuencia primeramente por las pequeñas dimensiones de la superficie que presentan los ríos y corrientes.

Flujo subsuperficial. Las presentes aportaciones de este flujo varían temporalmente y espacialmente en base a los sucesos ocurridos. En temporadas donde el suceso de estiaje está presente la descarga podrá mantener un flujo constante, creando como consecuencias corrientes perennes. En otros sucesos solo proporcionaran la cantidad necesaria para conservar por un periodo de tiempo adicional, que el suscitado por las ultimas precipitaciones, el que permite alargar el proceso de descarga del volumen de un cauce formado naturalmente, que a su vez estructura las corrientes intermitentes.

Cuando el porcentaje que nutre el cauce es aparentemente reducido que solo permite conservar la humedad necesaria en el cuerpo del cauce en sus áreas consiguientes, el flujo que se mantenía constante pasa a un estado casi nulo; teniendo en cuenta que, si en el proceso del suceso ocurre un evento natural de lluvias, deshielo, entre otros, la posibilidad de que suceda el escurrimiento superficial será efímero.

Si una parte del cuerpo del cauce o recorrido está en un estado de humedad bajo, o si los elementos que lo constituyen presentan fracturas o se aprecia canalizaciones por génesis o disolución, el suceso del escurrimiento presentara un efecto en su comportamiento, teniendo en cuenta que los aportes directos se desviarán un porcentaje a las riberas cercanas y otras tendrán la derivación a la plantilla del terreno.

Flujo base. Es el porcentaje que nutre un sistema con características que definen el comportamiento de un acuífero somero a la estructura de un cauce

cercano. Si en el transcurso del recorrido de un cauce o cuerpo de agua se encuentra siendo alterada por la acción de una obra hidráulica diseñada para el aprovechamiento de agua para el consumo humano, el presente gasto base obtenido concernirá a los cuerpos de agua residuales producto de la funcionalidad de las obras ejecutadas.

Escurrecimiento directo. Este proceso lo definen las lluvias o precipitaciones temporales que se suscitan en base a sucesos naturales, que sería considerado como un flujo remanente después de que las tres fuentes mencionadas anteriormente quedan determinadas en base a los parámetros naturales.

2.2.1.2.2. Procesos del escurrimiento.

Para realizar el proceso que analiza en términos básicos el escurrimiento, se deben contemplar los siguientes caracteres: la magnitud y constancia de las lluvias, la propiedad de infiltrarse en una superficie de carácter articular, la condición o estado hidráulico en la que se ubica los parámetros del suelo o en su defecto de la roca y las propiedades de materia hidráulica del elemento presente en el suelo que conforma la roca.

La relación comparativa entre los caracteres nos da la posibilidad de extraer los datos del desarrollo que se puede obtener de diferentes sucesos. En base a lo mencionado se procederá a estipular un número total de condiciones básicas que está en base a un parámetro de cuatro aspectos y sus respectivos efectos o sucesos adversos.

- a) Si la fuerza de las lluvias es inferior a la propiedad del terreno de permitir que los fluidos se infiltren y el porcentaje de humedad de la roca o suelo es inferior a la propiedad de retener el agua en un estado inicial. En este suceso se

determina que el escurrimiento está presente y el que actúa sobre la superficie del suelo será limitado, ya que la estructura del terreno tendrá la capacidad de realizar la captación de la mayor cantidad del recurso hídrico que ingresa por intermedio de la presencia de las lluvias. Teniendo en cuenta que en este comportamiento se determinará que el flujo presentara una alteración de manera que limite su proceso en volumen, en base a que el recurso hídrico percibido se usara para incrementar el porcentaje de humedad que se determinó al inicio.

- b) Cuando la fuerza de las lluvias es inferior a la propiedad del terreno de permitir que los fluidos se infiltren y el porcentaje de humedad de la roca o suelo es inferior a la propiedad de retener el agua en un estado inicial. En base a que el terreno se encuentra a un estado próximo a permitir que los cuerpos de agua se mantengan en un estado inicial, un porcentaje de las lluvias se transformara casualmente en un proceso de escurrimiento sobre la superficie del terreno o suelo; pero de la misma manera, la masa presentara un valor de cuantía mínimo. El flujo presente en la sub superficie será considerado importante o fundamental.
- c) Cuando la fuerza de las lluvias es superior a la propiedad del terreno de permitir que los fluidos se infiltren y el porcentaje de humedad de la roca o suelo es inferior a la propiedad de retener el agua en un estado inicial. El terreno presente en la roca o suelo tienden a evidenciar un déficit de porcentaje de humedad fundamental, de manera que el recurso hídrico se consolide en la profundidad, considerando que la propiedad de infiltración es limitada, para lo cual se usara como medio de abastecimiento para aumentar

o mantener el porcentaje de humedad del suelo, presentando un escurrimiento mínimo en base a un porcentaje del suceso mencionado.

- d) Cuando la fuerza de las lluvias es inferior a la propiedad del terreno de permitir que los fluidos se infiltren y el porcentaje de humedad de la roca o suelo es inferior a la propiedad de retener el agua en un estado inicial. En la presente situación el estado del suelo es casi saturado, por ende, evitara que se suscite una infiltración relevante, permitiendo que el suceso ocurrido por el escurrimiento sea más notorio, consiguiendo que en este proceso suceda de forma importante un flujo subsuperficial. Si el terreno no permite que se desarrolle de manera adecuada la infiltración en una parte somera, nos encontraremos con un flujo hortoniano, que quiere decir que el terreno presenta un comportamiento saturado en una proximidad cercana a la superficie, lo que indica que la humedad no tendrá la posibilidad de profundizar en la estructura del terreno y a su vez esta situación beneficiara al proceso de escurrimiento sobre el suelo o el terreno.

2.2.1.3. Red de drenaje y aspectos geomorfológicos.

2.2.1.3.1. Aspectos generales.

El sistema de red de una cuenca en base a su drenaje que esta interconectado entre cauces, por este medio se recopila el recurso hídrico procedente de partes altas y dirigida a lugares o ubicaciones de menor altura.

En partes de algunos tramos de los presentes cauces, las riberas o bordos estarán relacionados a inmensas partes de terreno que presentaran en su superficie inundaciones cuando este latente las estaciones de avenidas que se le denomina con la categoría de planicies de inundación que fue determinada en base a

estudios. Si la planicie mencionada se ha formado en base a un proceso que erosiona las partes laterales de la estructura y las partes que experimentan retroceso en la formación del valle, estructurando en su sistema una espigada capa recubierta con sedimentos, en este caso para la denominación se le asigna erosional.

Si el presente grosor de los niveles formados por sedimentos ha logrado datos de una cantidad considerable de metros (o aun mayor) en un periodo de tiempo, entonces como mención se le denominara como agradación de planicie.

Cabe mencionar que la estructura del sistema o la conjunción de redes de un cauce que tiene el comportamiento de drenar una cuenca se basa a una clasificación en base a sus características las que se menciona a continuación: multicuenca, dendrítico, enrejado, radial y rectangular. En la imagen se puede apreciar los procesos que presentan la variedad de la red de cauce

2.2.1.3.2. Clasificación de los ríos.

2.2.1.3.2.1. A partir de su posición topográfica o edad geológica los ríos pueden clasificarse en:

Corriente joven. Las presentes tienen una erosión constante y rápida en las riberas, produciendo unidades que cuentan con una presentación como una “v”; tampoco contarán con una presente planicie que tenga un comportamiento en base a una inundación, o en su defecto presenta una diminuta ampliación. Con respecto a la pendiente que tiene la estructura de un cauce presenta una definición pronunciada y en la mayoría de casos se visualizara rápidos, cascadas y escasos desemboques de dimensiones menores.

Corriente madura. El atributo erosivo que presenta tiende a disminuir, lo que genera un desgaste suavizado en la pendiente de la vertiente y como consecuencia elimina los rápidos y cascadas; las ampliaciones de las planicies que están con presencia de inundación presentan una cantidad mayor y se produce de manera inicial una estructuración de meandros, logrando conseguir una profundidad con parámetros máximos.

Corriente senil. Como parte del proceso se determina que las características de una planicie de inundación con respecto a su ensanchamiento son de mayor relevancia que el proceso de profundizar que sufre su estructura.

En la presente imagen se puede visualizar los caracteres que son relevantes de las presentes corrientes estudiadas en base a su ubicación o lugar topográfico con respecto a su periodo de tiempo de existencia geológica.

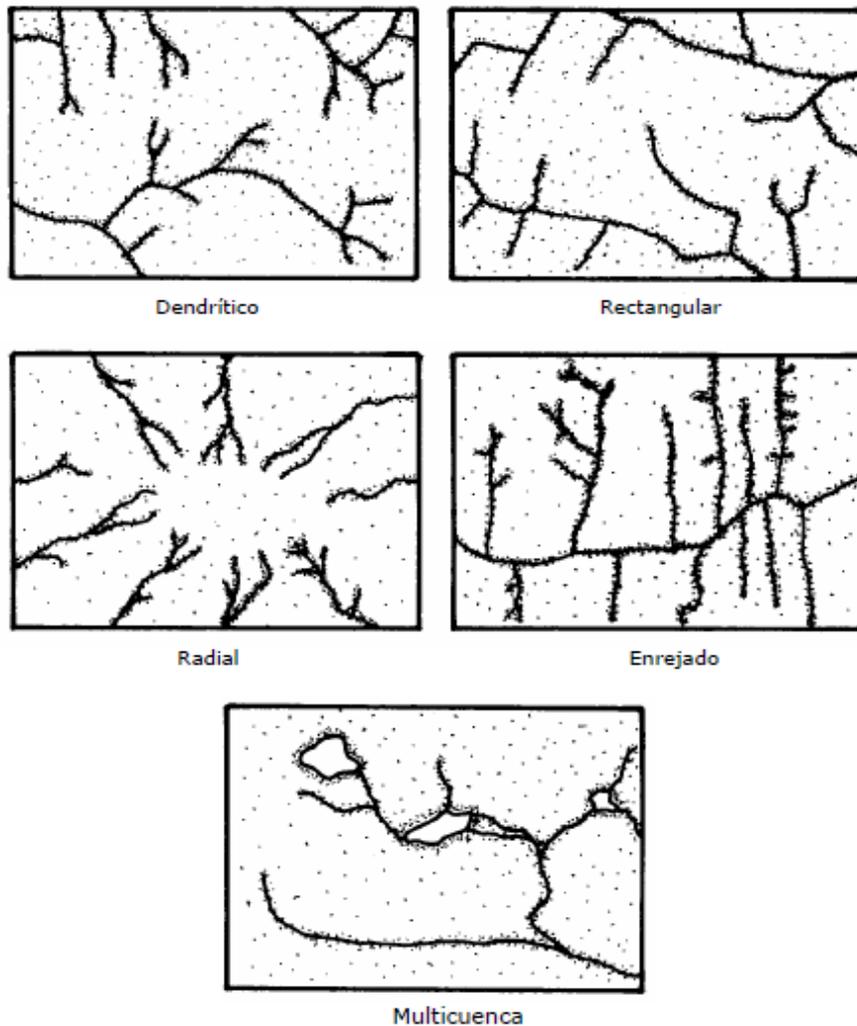


Figura 1. Patrones de drenaje en una cuenca

Fuente: Breña & Jacobo, 2006

2.2.1.3.2.2. *A partir de la duración de su descarga, los ríos se pueden clasificar en:*

Corriente perenne. Las presentes tienen la particularidad de tener una constancia de emisión de recurso hídrico en un periodo que abarca un año completo.

Corrientes intermitentes. Las presentes tienen la particularidad de tener una constancia de emisión de recurso hídrico en un periodo que abarca unas semanas o meses.

Corrientes efímeras. Las presentes tienen la particularidad de tener una constancia de emisión de recurso hídrico después de que ocurre un suceso hidrológico, se entiende que el periodo de duración de la mencionada durara unas horas o días. (Breña & Jacobo, 2006)

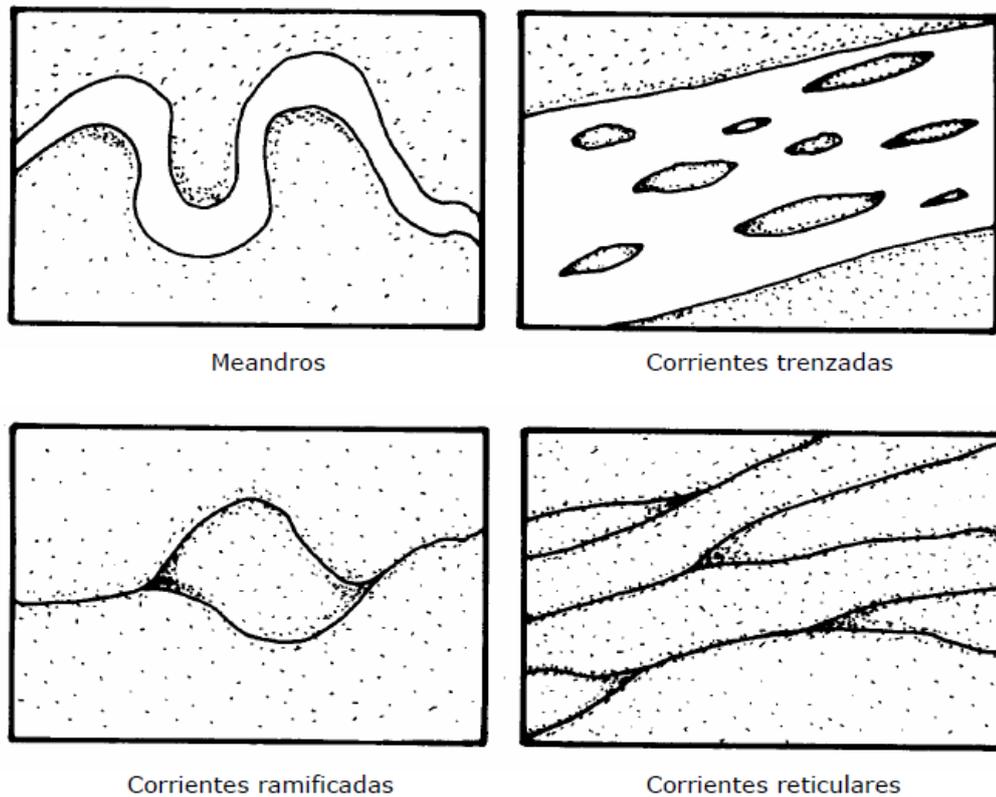


Figura 2. Características de las corrientes

Fuente: Breña & Jacobo, 2006

2.2.2. Agua para mezclado.

El agua utilizada en el proceso de mezclado, interacciona de manera química con el elemento cementante, con el objetivo de alcanzar en primer lugar la constitución del gel, y en segundo lugar posibilita que el grupo de la masa obtenga las propiedades que el estado líquido/viscoso proporcionen un correcto e ideal manejo e inserción del mismo, y en estado sólido se consiga un resultado con las características y propiedades ideales.

Es importante mencionar que generalmente se debe emplear agua para el mezclado de origen potable, o incluso las que ya por experiencias anteriores se hayan usado para la elaboración del concreto, cabe resaltar que, para esto, no es necesario la realización de algún ensayo que demuestre su calidad.

2.2.2.1. Requisitos de Calidad.

2.2.2.1.1. Según NTP 339.088.

El agua que se utiliza en la fabricación de concreto tiene que obedecer a los requisitos establecidos en la NTP 339.088, además de ser preferentemente potable. Se debe aclarar que no existe uniformidad respecto a los criterios sobre los límites aceptados y permitido para los compuestos de sales y demás sustancias que se encuentran en el agua a usarse. Los siguientes son los parámetros que se solicitan evaluar con la delimitación correspondiente para el agua empleada en el concreto, según la normativa y bibliografía relacionada (Rivva, 2000):

Tabla 2

Parámetros y valores para el agua de uso del concreto

Parámetro	Límite
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
pH	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1,500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Rivva, 2000.

La Norma Peruana NTP 339.088 establece que son apropiadas para los procesos de preparación y curado del concreto, los tipos de agua que presenten propiedades y valores de los siguientes parámetros que se encuentren dentro de los máximos descritos:

Tabla 3

Parámetros a evaluar en el agua para mezclado según la NTP339.088

Parámetro	Límite
Materia orgánica (oxígeno consumido)	3 mg/l (3 ppm)
Residuo insoluble	5 g/l (5000 ppm)
Potencial de Hidrógeno (pH)	5.5 – 8.0
Sulfatos (ión SO ₄)	0.6 g/l (600 ppm)
Cloruros (ión Cl)	1 g/l (1000 ppm)
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total NaHCO ₃)	1 g/l (1000 ppm)
Color (opcional a controlar, ión férrico)	1 ppm

Fuente: Rivva, 2000

Además de los parámetros detallados, el agua tendrá que presentar valores libres de azúcares y sus similares, así como deberá estar libre de sales de sodio o potasio.

Si se opta por utilizar aguas no potables, la calidad del recurso hídrico tendrá que ser definido por un ensayo de laboratorio, el cual deberá ser aceptado por la autoridad correspondiente (Rivva, 2000).

2.2.2.1.2. Según Comité 318 del ASCI.

La publicación 318-99 del American Concrete Instituto “Building Code Requirements for Structural Concrete”, en su Capítulo 3, acápite 3.4, indica los siguientes requisitos para el uso de agua para el mezclado:

– El recurso hídrico tendrá que estar limpia y exenta de porcentajes peligrosos de sustancias como aceites, materia orgánica, sales, ácidos, álcalis, y cualquier otra sustancia considerada dañina para el concreto simple o reforzado.

– El recurso hídrico que se utiliza para el concreto premezclado o el concreto que tendrá en su composición componentes de aluminio embebidos, inclusive la proporción de agua de mezcla que es usada como recurso libre en el agregado, no debe presentar cantidades elevadas que se consideran nocivas de cloruros.

– No utilizar aguas para el concreto que no sean potables, a menos que se cumpla lo siguiente:

1°. Para la selección de las proporciones del concreto se tendrá que usar como guía las mezclas del concreto en las que se haya utilizado agua del mismo tipo.

2°. Las probetas de ensayo de concreto elaborados con agua de origen no potable tendrán que presentar específicamente a los 7 y 28 días de edad, resistencias a la compresión iguales como mínimo al 90% de la resistencia de las probetas de control elaboradas con agua potable. Para ello, los ensayos de contraste de resistencias serán realizados con probetas iguales, con la única diferencia del uso de agua para la mezcla, así mismo deberán ser preparados y ensayados respecto a lo indicado en la Norma ASTM C 109 “Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar (Empleando especímenes cúbicos de 2 o 50 mm)”(Rivva, 2000).

2.2.2.2. Aguas no potables.

Si se presentan las circunstancias en las que el recurso hídrico no aplique con alguna de las condiciones detalladas en los párrafos anteriores, se tendrá que ejecutar los

ensayos de contrastación, con el uso de agua de estudio y su contraparte con agua destilada o potable, conservando los mismos materiales y procesos de elaboración del concreto, es importante que se utilice el mismo cemento. En estos ensayos se debe consignar la definición del tiempo de fraguado de las pastas, así como la resistencia a la compresión de las probetas en las edades de 7 y 28 días como mínimo (Rivva, 2000).

Es necesario recalcar que, los especímenes de estudio con agua no potable ensayados según la Norma ASTM C 109, deberán presentar a los 7 y 28 días resistencias a la compresión no inferiores al 90% respecto a los especímenes de control con agua potable, se recomienda continuar con los ensayos a edades posteriores a los 28 días, con el propósito de verificar que no se manifiesten disminuciones de la resistencia.

Si se diera el caso de presentación de niveles altos de cloruros, que sobrepasen los límites permitidos, se tendrán que realizar ensayos de resistencia a la compresión a edades mayores como de 180 y 365 días. Pero no se debe autorizar el uso de este tipo de agua con alto contenidos de estas sales en concretos presforzados.

Finalmente, indicadores como olor y sabor no son relevantes para determinar la calidad del agua, así como no son importantes los resultados de análisis de estabilidad de volumen (Rivva, 2000).

Por lo tanto, es posible utilizar, con el correspondiente respaldo de las autoridades pertinentes, aguas de origen no potables, si a la vez que se cumplan con las indicaciones que se ha detallado se cumplen lo siguiente:

- Las sustancias impuras presentes en el agua no modifican el tiempo de fraguado del concreto, así como las propiedades de resistencia, durabilidad e

inclusive la estabilidad del volumen, además no deben ocasionar efectos de eflorescencia, ni procesos de corrosión en los elementos de refuerzo del concreto.

– El recurso hídrico debe ser limpio y libre de aceites, álcalis, ácidos, materia orgánica, sales en niveles dañinos, además de sustancias que podrían ser nocivas al concreto simple, al de refuerzo, los acabados o componentes embebidos.

– Para la elección de las proporciones de la mezcla se guiará de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en la que su elaboración se haya usado agua de la fuente seleccionada (Rivva, 2000).

Se ha observado que algunos tipos de agua que según su origen y composición se muestran no adecuadas para su uso, no han mostrado efectos perjudiciales en el concreto, por lo que es muy importante realizar los ensayos para medir la resistencia, y si se cumplieran las indicaciones en la normativa, estos tipos de agua podrían utilizarse con normalidad, como las siguientes:

- Aguas de pantano y ciénagas, sólo si la toma de agua tiene 60 cm de recurso hídrico por debajo de esta, teniendo algún filtro o rejilla que no deje pasar algunos elementos como barro, fango, raíces, pasto o alguna materia sólida.
- Agua de arroyos y lagos.
- Aguas que presenten una concentración máxima de sulfatos (SO₄) de 0.1%.
- Agua de mar, con sus respectivas indicaciones.
- Aguas alcalinas con un porcentaje máximo de 0.15% de sulfatos o cloruros.

2.2.2.3. Aguas prohibidas.

Existen tipos de agua que son de uso prohibido para la elaboración del concreto, ellas son:

- Aguas ácidas
- Aguas calcáreas, minerales, carbonatadas o naturales
- Aguas procedentes de minas o relaves mineros
- Aguas que incluyan residuos industriales
- Aguas que presenten cloruro de sodio mayor del 3% o un contenido de sulfato de más del 1%.
- Aguas que tengan contenido de algas, humus, azufre, partículas de carbón, turba, materia orgánica o contenido de desagüe.
- Aguas que presenten ácido húmico u otros tipos de ácidos orgánicos.
- Aguas que presenten azúcares y sus similares.
- Aguas con presencia de porcentajes importantes de sales de sodio o potasio disueltos, específicamente en los casos en la que se pueda presentar la reacción álcali-agregado(Rivva, 2000).

2.2.2.4. Parámetros físico-químicos.

Como se ha descrito párrafos arriba, los requerimientos para la calidad del agua para el mezclado que se usara en la elaboración del concreto no poseen ningún nexo o conexión con el componente bacteriológico, indicadores que, si se solicitan para aguas potables y consumo humano, sino que principalmente se refieren a las propiedades físico-químicas y su impacto en el comportamiento y características del concreto.

Analizando estas propiedades físico-químicas del agua, podemos decir que el excedente de impurezas en el recurso hídrico para el mezclado puede ocasionar, adicionalmente a la aparición de manchas o corrosión en el acero de refuerzo del concreto. Es por ello que se hace necesario que se especifiquen los límites de estos parámetros, como ya se ha visto, para el caso de cloruros, alcalinidad, sólidos totales en suspensión y sulfatos en el agua para mezclado. Cabe resaltar que cuando se utiliza agua potable se supone que sus propiedades físico-químicas son las óptimas para la preparación del concreto, a menos que contenga alguna sustancia que le de algún sabor, pero ello puede identificarse si se realiza la prueba (Vázquez, González, Rocha, & Flores, 2001).

Veamos los parámetros físico-químicos que se utilizaran para evaluar el agua de origen no potable:

- Materia orgánica. Este parámetro está referenciado por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), parámetro que se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia (Ramalho, 2003).

En condiciones de normalidad en el laboratorio donde se realizan los ensayos, la DBO_5 (cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación) se halla a una temperatura ideal de 20 °C en un lapso de 5 días, sus valores se presentan en mg/l O_2 (Raffo & Ruiz, 2014).

Ahora bien, la DBO_5 es uno de los parámetros de mayor importancia en el control de aguas, ya que determina la contaminación en aguas residuales, también se usa para el control de la calidad del agua potable.

Este parámetro además sirve para lo siguiente:

- Valoración de la calidad en las aguas superficiales y también en aguas residuales.
- Se determinan los Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Control de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Desarrollo de un modelo de unidades de tratamiento biológicos (Raffo & Ruiz, 2014).

– Residuo insoluble. Este parámetro se basa en su parámetro específico Sólidos Totales en Suspensión, el cual se define, respecto a la cuantificación de los niveles de impurezas que presenta el agua, por ende, el término sólido en suspensión hace referencia a las partículas en suspensión presentes en una muestra de agua determinada (Vargas, 2016).

Básicamente, estas partículas insolubles se caracterizan por la incapacidad de ser separadas de la muestra de agua de estudio con la utilización de un filtro. Entonces las partículas de menor tamaño, lo que incorpora especies que contienen cargas iónicas, son a los que se denomina con el nombre de sólido disueltos. En el caso específico del agua potable, es de relevancia los valores de ambos parámetros: disueltos y en suspensión. Se dice que el contaminante más conocido mundialmente es la tierra en forma de TSS (siglas en inglés de Total Suspended Solids, sólidos totales en suspensión).

Es importante tener en cuenta algunas especificaciones referentes a este parámetro:

- Concentraciones elevadas de TSS pueden almacenarse en la parte más profunda de un cuerpo de agua, tapando a organismos acuáticos, huevos e

incluso larvas de los macroinvertebrados, esto evita la transmisión de oxígeno por lo que se produce la muerte de esos organismos cubiertos por esa capa.

- Elevadas concentraciones de TSS reducen la eficacia de los desinfectantes para el agua potable, a consecuencia de ayudar a los microorganismos con una capa protectora. Este es el motivo por el que la filtración de los TSS (turbidez de agua) se realiza en una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Ciertos contaminantes (orgánicos e inorgánicos) son absorbidos por la tierra, que en consecuencia incrementan en concentración de sustancias contaminantes que están presentes en los sólidos, lo que a su vez genera una transportación de estos contaminantes a otros cuerpos de agua, lo que resulta en la presencia de contaminantes a organismos que se encuentran lejos del origen inicial de contaminación (Vargas, 2016).

– Potencial de Hidrógeno (pH). El pH es un parámetro que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Se describe específicamente como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Se indica que la escala del pH es de tipo logarítmica, ya que presenta valores que van de 0 a 14, por lo que un aumento de tan solo una unidad en esta escala es equivalente a una reducción de 10 veces mayor en la concentración de los iones de hidrogeno. La reducción del pH ocasiona que el agua sea más acida y su incremento se hace más básica (WaterBoards, 2010).

En el caso específico del uso del agua para el concreto, se indica que su utilización con elevados niveles de cloruros con pH de más de 12, ocasiona corrosión en la estructura de refuerzo, es decir del acero, y a pesar de que este proceso de corrosión se dé poco a poco, se manifiesta de manera uniforme,

haciendo que se precipite la aparición de grietas y se disminuya la vida útil de esta estructura (Medina-Sierra, 2017).

En tanto, si se presenta la carbonatación en el concreto, se presumiría de manera directa que el pH del concreto se encontraría elevado, pero en referencia a la propiedad de durabilidad, este parámetro debe permanecer pasivo, no permitiendo su contacto con el acero de refuerzo, ya que una vez esto reaccione con el acero, comenzara el proceso de corrosión, lo que influye directamente y de manera importante en la resistencia final de la estructura (Eraso & Ramos, 2015).

Es importante mencionar, que algunas normativas como por ejemplo del cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos indican que los valores de pH del agua deben encontrarse dentro del rango de 6 a 8. En consecuencia, las aguas acidas con valores de Potencial de Hidrogeno (pH) por debajo de 3, tiene que no usarse en ningún momento, porque pueden generar problemas en su manejabilidad (Vázquez et al., 2001).

– Sulfatos. Este tipo de aniones se puede hallar en casi todos los tipos de aguas naturales, y su origen de la mayoría de los combinados de sulfatos se da por la oxidación de los minerales de sulfito o en su defecto de los desechos industriales. Así mismo, el sulfato es uno de los elementos fundamentales de la lluvia. Se conoce que las elevadas cantidades de sulfatos en el agua para consumo humano tendrían un impacto laxante cuando se mezcla con magnesio y calcio, siendo ellos los dos elementos más habituales de la dureza. La OMS en sus guías para la calidad del agua potable indica que el máximo permitido es de 500 mg/l, mientras que las normativas de la Unión Europea son más completas y rigurosas

que las de la OMS, puesto que indica un límite máximo de 250 mg/l para el recurso hídrico que se utiliza para consumo humano (GWC, 2017).

Hablando específicamente del uso del agua para la preparación del concreto, se indica que los sulfatos afectan al concreto generando compuestos de tipo expansivo que originan la fisuración, la cual posibilita a su vez la penetración o ingreso de los cloruros, así como del proceso de corrosión del acero de refuerzo (Gonzales, 2019).

Según la literatura, el agua para la mezcla del concreto que presente más de 10000 ppm de sulfato de sodio puede ser aceptada para su utilización, pero si los sulfatos se encuentran como SO_4 , su concentración debe tener un máximo de 3000 ppm. Por otro lado, las cantidades de manganeso, zinc, estaño, plomo y cobre en el agua de mezclado, causan muy probablemente disminución importante de la resistencia, así como considerables variaciones en los tiempos del fraguado. Mientras que otras sales como los arsenatos, fosfatos, yodados y boratos de sodio impactan en el desarrollo de la resistencia en cantidades mayores a 10% del peso del cemento. Finalmente, de manera general las cantidades de estos compuestos en sales de máximo 500 ppm pueden ser aceptadas en el agua para su uso en el proceso de mezclado (Vázquez et al., 2001).

– Cloruros. Son un tipo de sales, que se originan de la mezcla del gas cloro con un metal, esta sal, en forma de ion Cl^- , es uno de los tipos de aniones inorgánicos más elementales del agua, y su composición deviene de orígenes naturales, aguas residuales y descargas industriales (García-Vargas et al., 2012).

Bibliografía internacional, indica que contenidos de más de 20000 ppm de cloruro de sodio son normalmente aceptadas para la elaboración del concreto, especialmente los secos, que presentarían bajo indicativo de reacciones corrosivos

en la duración de su vida útil. Mientras que, el agua utilizada para concretos preesforzados solamente, no tienen que contar con valores del ion cloro mayores a 500 ppm. Por otro lado, para los concretos de aluminio ya sea embebidos o galvanizados, o tipos de concretos que están expuestos a la humedad del exterior, el recurso hídrico no debe tener contenidos de cloruros mayores a 1000 ppm (Vázquez et al., 2001).

– Alcalinidad. El parámetro de alcalinidad medido en el agua, es denominado también como la capacidad buffer del recurso hídrico. Pero generalmente la alcalinidad del agua hace referencia a la concentración de carbonatos y bicarbonatos en la solución, componentes que son muy habituales de encontrar en aguas de origen subterráneas. Cuando se hace el proceso de regadío de cultivos con aguas de este tipo se tienen iguales efectos, por lo tanto, es necesario conocer el concepto de este parámetro para tomar acciones de su tratamiento. La alcalinidad puede presentarse en las siguientes unidades: en miliequivalente por litro (meq/L) o concentración de partes por millón (ppm o mg/L) de carbonatos (INTAGRI, 2020).

La alcalinidad total está conformada por los aniones bicarbonatos (HCO_3^-), los carbonatos (CO_3^{2-}) y los hidróxidos (OH^-). El más común es el ion bicarbonato (Carbotecnia, 2021).

En el campo del concreto, el agua para mezclado con contenido de carbonato de sodio puede generar fraguados rápidos, además los bicarbonatos ocasionan también aceleración o retardo en el fraguado, y en elevadas cantidades estas sales disminuyen la resistencia del concreto. Mientras que la sumatoria de

estas sales sobrepase los 1000 ppm se debe realizar los ensayos para verificar el tiempo de fraguado y la resistencia a la edad de 28 días (Vázquez et al., 2001).

2.2.2.4.1. Muestreo.

Para el proceso del muestreo para el agua de mezclado se debe seguir las indicaciones de la NTP 339.070 o en la ASTM D 75, para lo cual deberá considerarse lo siguiente:

- Las autoridades respectivas indicaran la periodicidad de la toma de muestras.
- Las muestras de agua que se envían al laboratorio seleccionado deben ser representativas tal cual como será utilizada, teniendo en cuenta que una sola muestra de agua no tiene representatividad ya que pueden presentarse algunas variaciones en la conformación según el tiempo a raíz de la variabilidad del clima o por otras razones.
- Si hubiera alguna duda de la representatividad de las muestras de agua, deberán recogerse muestras de forma periódicas, en diferentes edades y días, o en defecto en el mismo horario, pero en diferentes lugares, esto también aplica cuando se asume que existen modificaciones en la concentración del agua de estudio.
- La cantidad de agua para las muestras será de 5 litros, y se depositaran en envases en frascos cilíndricos de material de plástico o vidrio transparente, que estén limpios, con un cierre que debe ser hermético, y en el traslado debe tenerse especial cuidado con el embalaje y acondicionados muy bien para prevenir roturas o derrames. Cabe hacer hincapié que, la cantidad de las muestras de agua estará

indicada por el laboratorio que las procesará, respetando los protocolos y guías nacionales (Rivva, 2000).

2.2.2.5. Ensayos.

Para la realización de los ensayos con el agua de estudio, se deberá seguir las indicaciones según la NTP 339.088, y una vez se comience el proceso de elaboración no se requerirá otros ensayos a periodos de regularidad a menos que:

- El origen del suministro de agua, sea propenso a presentar variabilidad que se manifieste entre la estación seca y humedad.
- Se de la alternativa de que el agua del suministro de aprovisionamiento surja de contaminación probable con un volumen excedente de compuestos en suspensión a consecuencia de un crecimiento de la fuente de forma anormal.
- La corriente de agua se reduzca a tal nivel que el contenido de sales o materia orgánica en el recurso hídrico pueda ser muy superior (Rivva, 2000).

2.2.3. Resistencia a la compresión del concreto.

Abanto (2009); respecto al concreto indico lo siguiente:

2.2.3.1. El concreto.

2.2.3.1.1. Definición.

Para definir la elaboración de un concreto tenemos que tener en cuenta que elementos constituyen su elaboración como son: agua, cemento Portland, agregado fino, aire y agregado grueso, manteniendo los porcentajes de cada elemento para lograr obtener las características calculadas para un diseño estructural.

Concreto = Cemento Portland + Agregados + Aire + Agua

Los reactivos de la mezcla de los elementos como el agua y el cemento tienden a definir un comportamiento en sus partículas de adherencia de los demás compuestos que lo constituyen, logrando obtener una forma del material uniforme. En algunas ocasiones se procede a realizar añadiduras, que se les da la denominación de aditivos, para mejorar sus características del mortero o concreto diseñado.

2.2.3.1.2. Características.

Las características resaltantes que nos proporciona el concreto y lo hace ideal para los procesos constructivos de edificaciones son las siguientes:

- a) Una característica principal es la trabajabilidad y la adaptación de la combinación de los elementos que forman una pasta adherente que le permite amoldarse a cualquier tipo de contenedor, siendo primordial para la adecuación en los encofrados.
- b) Teniendo en cuenta que en las construcciones se necesitan elementos estructurales que sean resistentes a cargas, el concreto proporciona esta particularidad a los elementos diseñados estructuralmente, lo cual nos permite someterlos a diferentes acciones o fuerzas externas.
- c) Como parte de sus características positivas el concreto permite resistir temperaturas elevadas (fuego) y sirve como un material impermeabilizante que protege a la estructura de las filtraciones del recurso hídrico.

Pero hay que tener en cuenta que este elemento resultante de la combinación de compuestos también presenta desventajas, como son:

- a) Mayormente la preparación del mortero se realiza en el sitio donde se ejecutará la obra, pero al no tener un personal técnico que este supervisando

la elaboración del insumo ligante, sus estándares de calidad tienen un parámetro bajo.

- b) El mortero es un elemento que presenta una resistencia escasa a la tracción. Este comportamiento tiende a generar una dificultad al querer utilizarlo en elementos de la estructura que presentan fuerzas de tracción constante, un caso particular es el de los tirantes o una porción de sus elementos transversales, como en el caso de las vigas o elementos que están sometidos a una constante fuerza de flexión.

Para repotenciar estas deficiencias se le añade a su estructura un compuesto de acero, que aporta un incremento en su tolerancia a la tracción. La mezcla de estos elementos, presenta la denominación de concreto armado, la cual tiene características esenciales de cada material logrando una estructura resistente a diferentes fuerzas externas.

La mezcla que se obtiene de los materiales que forma el concreto armado tiene un uso global en todas las construcciones u obras estructurales como acueductos, puentes, edificios, pavimentos, tanques, pilotes, presas, etc

2.2.3.1.3. Materiales componentes del concreto.

2.2.3.1.3.1. Ligantes.

Aglutinante (cemento)

Recurso hídrico (Agua)

2.2.3.1.3.2. Agregados.

Agregado fino: arena

Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos.

Observación

Cemento + Agua = Pasta

Agregado Fino + Agregado Grueso = Hormigon

Los procedimientos en la elaboración del mortero diferirán en base al tipo de estructura con respecto a sus necesidades y con el prototipo de mortero que se fabrica.

Los procesos fundamentales para la fabricación de un mortero son:

- ✓ Porcentajes adecuados
- ✓ Combinación
- ✓ Traslado
- ✓ Adecuación
- ✓ Solidificación
- ✓ Conservación del agua para llegar a las características calculadas

2.2.3.1.4. *Tipos de concreto.*

2.2.3.1.4.1. *Concreto simple.*

La combinación agua, agregado fino, agregado grueso y cemento Portland. En este proceso se debe considerar que el agregado grueso debe de tener una completa adherencia con la pasta cementicia, los espacios vacíos que deje en su estructura formada por los agregados gruesos deberán ser rellenado por el agregado fino y al mismo tiempo deberá estar recubierto por la mezcla del cemento con el agua.

Cemento + A. Fino + A. Grueso + Agua = Concreto Simple

2.2.3.1.4.2. *Concreto armado.*

La presente categoría se le asigna cuando la mezcla de concreto simple se le añade a su estructura el acero en forma de armadura que recubre su sistema principal, que sirve como refuerzo para la acción de fuerzas externas, que está elaborado con

la premisa que ambos materiales aportan sus características para obtener un sistema compuesto y en que la armadura tendrá la característica principal de soportar fuerzas de tracción o en su defecto incrementar la resistencia o tolerancia del concreto a fuerzas de compresión.

Concreto Simple + Armaduras = Concreto Armado

2.2.3.1.4.3. *Concreto estructural.*

Cuando el concreto simple, presenta una proporción, combinación, traslado y adecuación, de acuerdo a características específicas, que aseguren una resistencia o tolerancia imperceptible pre-diseñada en el cálculo y una duración que corresponde a todo su periodo de vida útil de la estructura.

2.2.3.1.4.4. *Concreto ciclópeo.*

La presente denominación es asignada cuando el concreto simple presente piedras de dimensiones de 10” que sirven como desplazadores en el volumen que ocupara el concreto, abarcando un aproximado del treinta por ciento como límite superior del espacio total. Los presentes elementos deberán cumplir estándares de calidad para su utilización, con el parámetro fundamental de que la superficie de las piedras este completamente rellena por la pasta cementicia del concreto simple.

Concreto Simple + Piedra Desplazadora = Concreto Ciclopeo

2.2.3.1.4.5. *Concretos livianos.*

Los presentes tienen en su proceso una añadidura de agregados ligeros y en base al valor del peso unitario presentan un parámetro que oscila entre los 400 – 1700 kg/m³.

2.2.3.1.4.6. *Concretos normales.*

Su preparación depende del uso de agregados corrientes o generales y el valor que debe consignar en su peso unitario oscilara entre los 2300 – 2500 kg/m³. En base a las dimensiones del límite superior del agregado. Su peso está en base a la media que equivale a los 2400 kg/m³.

2.2.3.1.4.7. *Concretos pesados.*

Los presentes se elaboran con la inclusión de agregados pesados, que alcanzan un valor del peso unitario que oscila en un parámetro de los 2800 a los 6000 kg/m³.

Los minerales de fierro que intervienen son la hematita, magnetita y limonita como agregados y también se usan baritas de estos elementos

Se pueden introducir elementos generados artificialmente como las partículas de acero y el fosforo de hierro.

El uso primordial de este concreto consignado en la categoría de pesados se le atribuye a la seguridad biológica para evitar los perjuicios de la radiación nuclear. Otros caracteres para su aplicación son en la seguridad de bancos constituyendo la estructura de cajas fuertes y bóvedas, en las losas de las industrias y en la elaboración de recipientes que contengan los desperdicios por la acción de la radiactividad.

2.2.3.1.4.8. *Concreto premezclado.*

El presente mortero presente proporcionalidades que se consignan en la fábrica donde se crea y la acción que permite que los elementos se combinen tiene su ejecución en el sitio de la creación o en los vehículos de traslado que llevaran el concreto premezclado a la obra.

2.2.3.1.4.9. *Concreto prefabricado.*

Este tipo de concreto presenta su elaboración en un lugar distinto al de la obra de la ejecución lo que permite que en el proceso constructivo solo sea añadido en base a los parámetros establecidos.

2.2.3.1.4.10. *Concreto bombeado.*

El presente concreto o mortero tiene la particularidad en su disposición en obra, ya que, es colocado mediante el impulso de motores que bombean el concreto a su lugar predeterminado según lo diseñado (Abanto, 2009).

Sánchez de Guzmán (2001); respecto a la resistencia del concreto indico lo siguiente:

2.2.3.2. ***Resistencia del concreto.***

2.2.3.2.1. *Introducción.*

En la actualidad no existe una disposición de normativas generales que validen el comportamiento cuando se lo somete a las diferentes acciones de esfuerzo, proceso que ocurre en la estructura de una edificación. Cabe indicar, que la resistencia o tolerancia a las fuerzas compresionales ligeras es su propiedad fundamental, ya que, en base a este suceso se indaga las diferentes características como son la resistencia o tolerancia a la tracción, resistencia al corte, módulo de elasticidad, entre otras.

2.2.3.2.2. *Relación agua-cemento.*

En líneas globales, la cantidad de recurso hídrico por la cantidad de aglutinante determina la tolerancia del concreto el cual es sometido a fuerzas externas, en base a un grupo de condiciones y materiales utilizados. Actualmente a este

comportamiento se le denomina relación agua-cemento, la cual presenta unidades que parametrizan el peso.

En base a lo anteriormente mencionado es que el investigador Duff Abrams, logro formular en el año 1918, la ley que es elaborada en base a la consigna que describe, que para elementos iguales y mismas circunstancias de un ensayo, la resistencia o tolerancia de un concreto consolidado, en un periodo de tiempo, presenta una relación inversamente proporcional a la relación establecida entre el agua y el cemento (la que tenía unidades originales de volumen). Para el cálculo de las cantidades el investigador formulo una expresión que regiría este comportamiento.

$$\bar{R} = \frac{A}{B^\alpha} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

\bar{R} es la media resistencia o tolerancia que ejerce ante la compresión en kg/cm^2 .

A y B son variables constantes en base a términos empíricos que dependen de los estándares de la calidad y de las propiedades de los agregados, aditivos, condiciones de ensayo y el uso del aglutinante o tipo de cemento, α vendría a ser denominado en base a la relación que existe entre el agua y el cemento, la que trabaja en base a unidades de peso. En la imagen se puede apreciar un esquema grafico de la formula mencionada.

También existe una manera diferente de formular el comportamiento mencionado que es en base a logaritmos, que tendría la siguiente forma:

$$\text{Log } \bar{R} = \log A - \alpha \log B \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Que corresponde a la formulación en base a una recta, que trabaja con las variables que consignan el estado indicado, $\log \bar{R}$ y α . La fórmula planteada se esquematiza en la imagen.

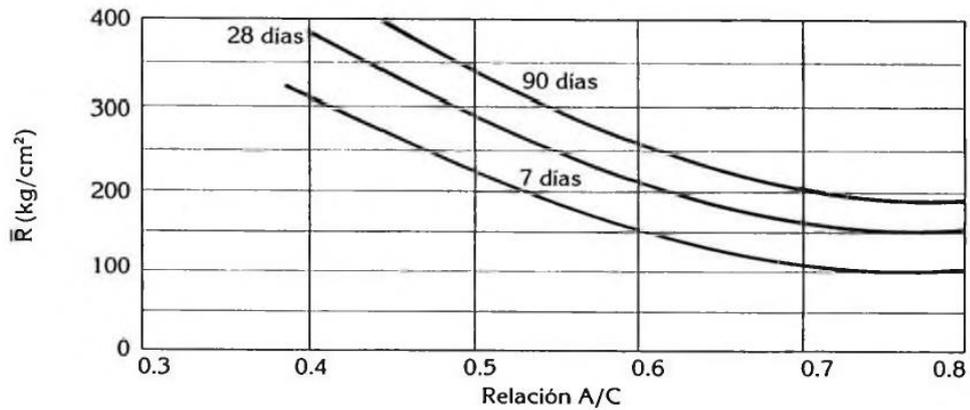


Figura 3. Curva típica de correspondencia entre la resistencia media a la compresión y la relación agua-cemento del concreto a diferentes edades

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

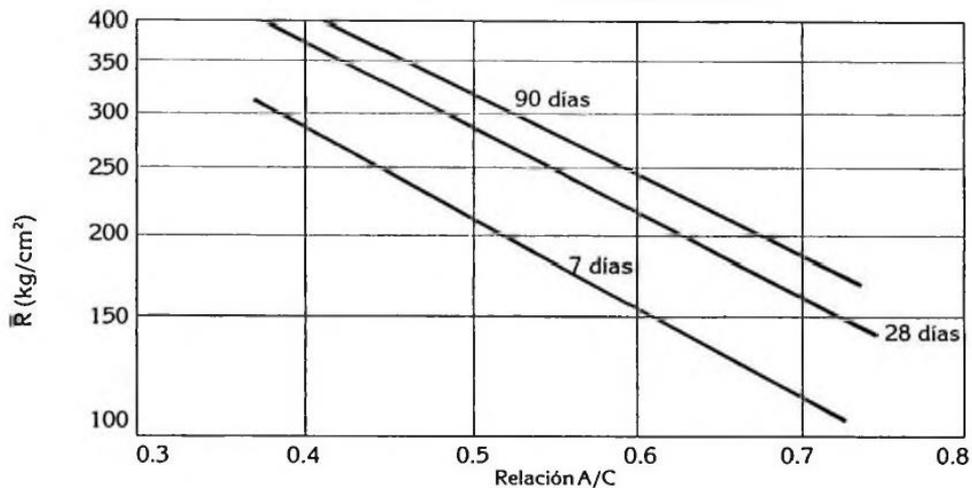


Figura 4. Correspondencia entre el logaritmo de la resistencia media a la compresión y la relación agua-cemento a distintas edades

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

\bar{R} es la media resistencia o tolerancia a las fuerzas de compresión en kg/cm^2 . A y B son variables representantes en bases empíricas que trabajan en concordancia con los estándares de calidad, con las condiciones de ensayo, con

los aditivos, en base a las propiedades de los agregados y el tipo o variante de cemento utilizado, α representa a la relación que existe entre el agua y el cemento en base a las unidades de peso. En la imagen se visualiza un esquema de la formulación mencionada.

En campo la aplicación de la presente y existente relación de agua-cemento es una consigna que se parametriza como la variable fundamental que proporciona la resistencia en el concreto en un estado consolidado. No obstante, este comportamiento ideal no se acerca mucho a la realidad, ya que, en términos específicos no es posible lograr un concreto que no contenga en su estructura un porcentaje de vacíos, es por eso que una compactación o consolidación al 100% no sucede realmente. En tal sentido se hace mención que el ensayo de Cono de Abrams formulado como una ley es un derivado de la regla global estipulada por Feret en 1896, en la que introduce dentro de los parámetros de formulación el contenido de vacíos en la estructura de un concreto endurecido, que se representa en base de la siguiente formula:

$$\bar{R} = \frac{K(c)^2}{c+w+a} \dots\dots\dots$$

Donde:

\bar{R} es la media resistencia; K es una variable constante que basa su dependencia en el cemento y las características de los agregados; a, w y c representan a el contenido absolutos de los elementos del aire, agua y cemento en el orden que se menciona.

En términos prácticos, se logra concluir que para la ingeniería la resistencia obtenida para un concreto consolidado o endurecido en base un periodo de tiempo, manteniendo el porcentaje de humedad necesario para alcanzar las

características de diseño y a un estado que dependa de la temperatura adecuada para este proceso, está relacionado a dos variables fundamentales de comportamiento; la relación existente del agua con respecto al cemento y el porcentaje que alcanza en base a la compactación de su estructura elemental.

2.2.3.2.3. Naturaleza de la resistencia del concreto.

En el presente estudio se observó que el mortero forma una masa de carácter endurecido que en base a los elementos que lo conforman no presenta una continuidad y mucho menos es homogéneo en su estructura. La pasta cementicia que presenta un porcentaje de humedad necesario para comportarse como una masa que no contiene una continuidad específica, presenta un grado elevado de poros en su estructura, que contiene agua no evaporable y agua libre. Cabe mencionar, que el comportamiento del agua en estado libre es sometido a un proceso de exudación dejando en su lugar espacios que son rellenados por aire, formando en su estructura un sistema de red de microporos o canales que le da la propiedad al gel del cemento de obtener humedad del ambiente que está a su alrededor.

Si mencionamos el comportamiento en base al tema de los agregados, tendremos que considerar que presenta un marcado estado no homogéneo, en base a que las partículas que la constituyen presentan diferentes dimensiones, superficies y una forma única e indiferente. Todo lo mencionado hace referencia a que es casi imposible que se consiga un comportamiento adherente entre la pasta cementicia que trabaja como la matriz de todo el sistema y cada elemento que es parte de la elaboración del concreto, aun así, este proceso se elabora en un estado que presente condiciones favorables. No obstante, este proceso que determina su

comportamiento en base a la heterogeneidad del mortero y su naturaleza que no presenta una continuidad ideal es aprovechable, debido a que aporta la cuasiductilidad y los procesos mecánicos que disipan la energía actuante, que son atributos necesarios para un elemento utilizado en los procesos constructivos que trabaja bajo la acción de cargas dinámicas (viento, sismo, nieve y lluvia) y las fuerzas estáticas (peso propio de la estructura).

Los atributos y la tolerancia de un sistema indiferente no homogéneo se basan en las propiedades químicas y físicas de sus elementos que lo constituyen y del proceso o suceso en donde interactúan con cada elemento. En el caso particular del mortero, los agregados que presentan una característica rígida y contienen propiedades inalterables en el tiempo, se encuentran enlazados en la matriz del concreto que se mantienen adheridos gracias a la pasta del cemento, la cual presente caracteres viscosos y elásticos, que proporcionan una rigidez y resistencia indiferente con el paso del tiempo, que a su vez está sometida a las acciones del intemperismo. Se puede aseverar que, al momento de interactuar los elementos, se obtiene una variación no solo por la influencia de un periodo de tiempo, también por la estructura mineral de los elementos que entran en acción y se aprecia los sucesos ocurridos en base a las modificaciones químicas como físicas. El lugar donde suceden estas modificaciones se le denomina como la interface del comportamiento de un agregado-matriz, que es la etapa más importante de la estructura de un mortero, ya que, en la presente se formulan enlaces de magnitud crítica y en la mayoría de casos es un apartado frágil del compuesto estructural no homogéneo.

Para honrar en el apartado conceptual, en el transcurso de las características del fraguado y consolidación de los elementos que conforman la pasta cementicia se parametrizan adherencias en base a la estructura sólida a casi-sólida entre los agregados y la delgada estructura entrelazada de los insumos de hidratación. La energía que produce los ligantes en los fragmentos de los agregados al sistema matriz con respecto a su comportamiento estará basado en términos físicos en base a que los enlaces contemplados son productos mecánicos y con atributos adherentes, o en su estado puro que se efectuarán enlaces químicos en base a los insumos que reaccionan en la superficie de la estructura de los elementos y con respecto al desarrollo interno químico. En la aplicación se visualizará que las fuerzas presentan características en su mezclado químico y físico. En la imagen se hace referencia a un concepto de la presente interacción.

Como un contexto específico, se asume que la tolerancia del mortero se basa fundamentalmente por la interacción y resistencia de sus niveles que lo constituyen.

- ✓ La tolerancia de la pasta del cemento que contiene un porcentaje de humedad y que presenta un estado de endurecimiento en su matriz.
- ✓ La tolerancia de los fragmentos del agregado.
- ✓ La tolerancia de las fases internas de la premisa que relaciona la matriz con el agregado.

Como se observa, la cantidad de caracteres que se relacionan interiormente en la estructura para determinar la resistencia de un material compuesto por diferentes elementos es extensa, con la resistencia de cada etapa

independiente y la resistencia de la fase interna que permite la adherencia de los elementos.

2.2.3.2.4. Factores que influyen en la resistencia del concreto.

Los diversos caracteres que influyen en la tolerancia de un concreto en una etapa de endurecimiento, independientemente de los parámetros de calidad y la clase de insumos que lo conforman, para lograr obtener las características diseñadas de sus elementos para la combinación trabajable y contenida adecuadamente los que se mencionaran son relevantes:

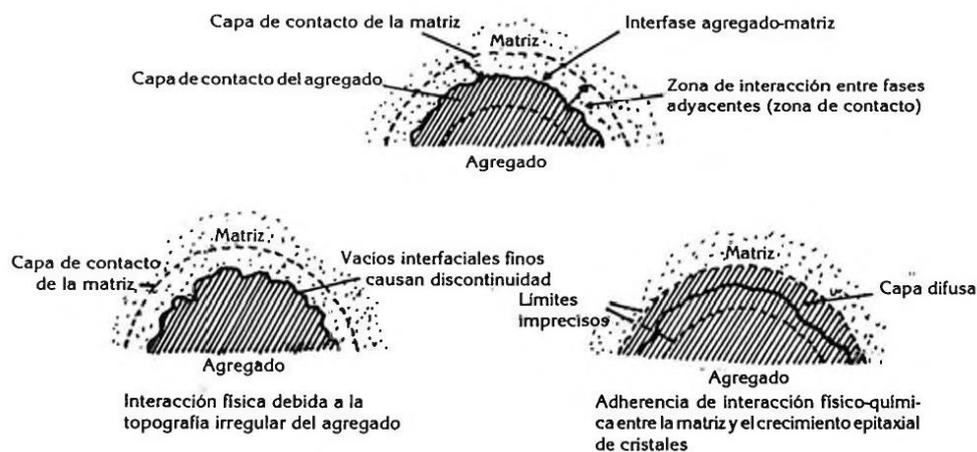


Figura 5. Representación esquemática de la interacción entre la matriz y los agregados constituyentes del concreto

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

2.2.3.2.4.1. Contenido de cemento.

Es coherente tener la percepción que las propiedades de un cemento utilizado contienen un efecto enorme en el resultado de la resistencia de un mortero en cualquier periodo de tiempo, teniendo en cuenta que es el insumo que activa las reacciones para la conjunción de los elementos. Se debe resaltar que las proporciones de cada material son las más importantes en la estructura de la mezcla, teniendo en cuenta que en un parámetro específico la clase de ligante

(cemento), con respecto al incremento de este insumo tiene una relación directamente proporcional con la resistencia. No obstante, las combinaciones con una presente relación existente entre el agua y el cemento con un parámetro muy débil, con un contenido de aglutinante en proporciones altas (cemento > 470 kg/m³) muestran una deficiencia en la resistencia, particularmente en un caso en el que se emplea un agregado de tamaño considerablemente grande. El comportamiento mencionado es probable que se deba a que las fuerzas de inducción generadas por la contracción de la pasta cementicia al cambiar de una etapa plástica a una etapa de endurecimiento, que aparentemente son obstruidas por los fragmentos de los agregados provocan agrietamiento de la pasta o en su defecto perjuicio en la adherencia de la fase interior de la estructura de la matriz de un agregado.

En otros aspectos, la combinación con respecto a la relación existente del agua y el cemento en una magnitud elevada y un contenido bajo de insumo cementicio que provoca que la pasta este demasiado diluida, conduciendo a resistencias extremadamente pobres, teniendo en cuenta que su contenido estructural de la pasta es muy ligero en cada etapa de su proceso de ganancia de contenido de humedad con respecto al cemento.

2.2.3.2.4.2. Relación agua-cemento y contenido de aire.

Ya se tiene de conocimiento que la relación existente entre el agua y el cemento es el carácter fundamental en la resistencia de un concreto manteniendo un grado adecuado de su compactación. Teniendo en cuenta que existe una variabilidad de agregados en la estructura y aglutinantes produciendo de manera global resistencias distintas en base a los mismos parámetros de correlación de agua-

cemento, es importante tener un desarrollo correspondiente en base a la relación agua-cemento y la resistencia de los insumos que se utilizaran adecuadamente en un diseño determinado, para conseguir una representación en base a gráficos como los expuestos en las imágenes que contienen proyección parecida a una hipérbola. Adicionalmente, se debe resaltar que el concreto contendrá un porcentaje de aire atrapado naturalmente más el incorporado, teniendo en cuenta que la añadidura de aire disminuye el nivel de resistencia de un concreto, por este motivo, para obtener una misma resistencia en concretos con adición o incorporación de aire deben consignar en su diseño una relación existente de agua y cemento con parámetros bajos. Este proceso o comportamiento se puede apreciar en la imagen (Sánchez de Guzmán, 2001).

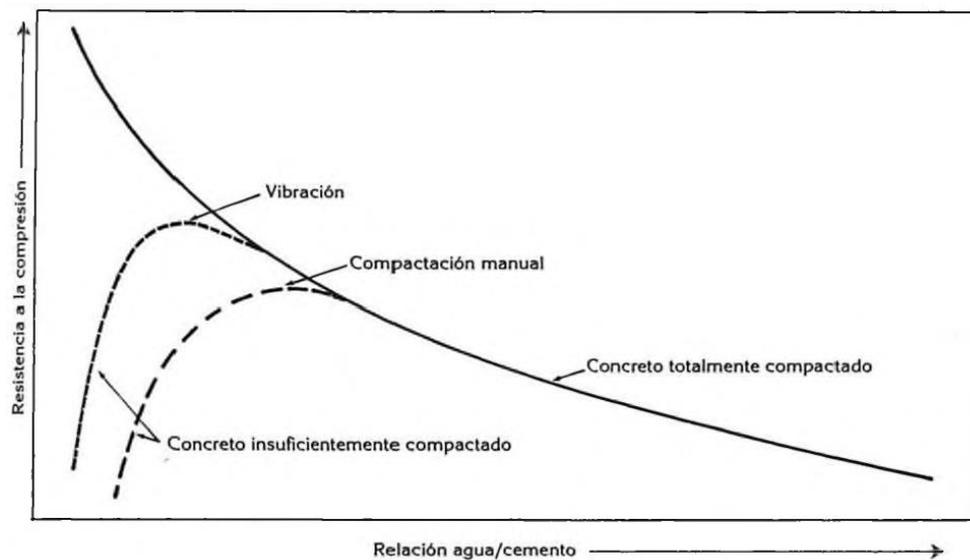


Figura 6. Resistencia del concreto contra relación agua-cemento, para diferentes grados de compactación

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

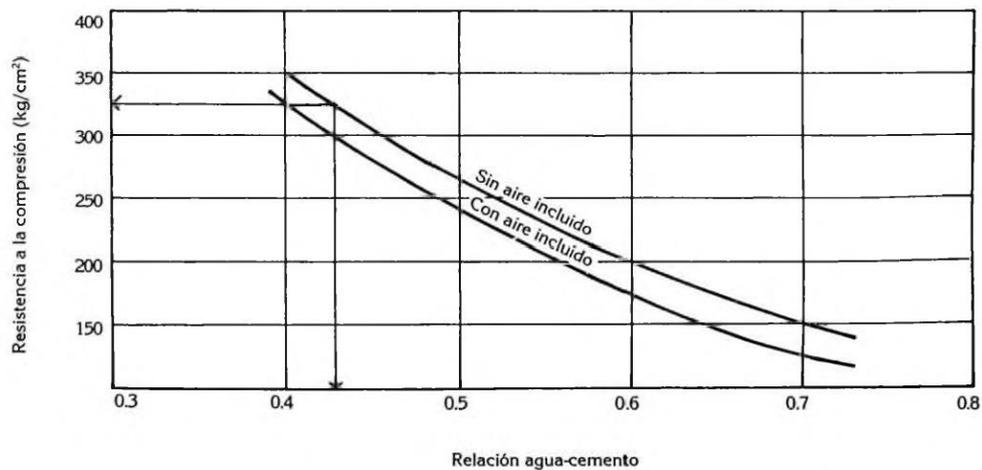


Figura 7. Correspondencia entre la resistencia y la relación agua-cemento para concreto con aire y sin aire incluido

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

2.2.3.2.4.3. Influencia de los agregados.

Se puede mencionar las características fundamentales que aportan los agregados para lograr la resistencia deseada en un concreto, se mencionan las siguientes:

- ✓ La granulometría permite visualizar si las partículas empleadas presentaran una gradación adecuada permitiendo una compactación eficiente del concreto en una etapa húmeda y permite lograr una magnitud elevada en su densidad en una etapa de endurecimiento con resultados favorables en la resistencia.
 - ✓ La conformación y sus características superficiales de los agregados afectan de manera que aumentan la adherencia entre los elementos, ya que, si presentan mayores relieves y rugosidad su porcentaje adherente será mucho mayor, lo que permite incrementar la resistencia final del concreto elaborado.
- No obstante, se tiene que tener en cuenta que la trabajabilidad será un carácter afectado por la forma en que se presentan los agregados teniendo en cuenta que si la adherencia es mayor la trabajabilidad será inferior, por lo tanto, estamos presentes ante una relación indirectamente proporcional.

- ✓ Como punto final, las características resistentes y la rigidez de los elementos del agregado influirán directamente en la resistencia final del mortero, en términos generales es distinto a el módulo de elasticidad y la resistencia de un elemento que componen los agregados de menor densidad y con presencia de porosidad, a un agregado extremadamente denso y de menor porosidad.

2.2.3.2.4.4. *Tamaño máximo del agregado grueso.*

Un aspecto importante que es fundamental para el aporte en la resistencia de un concreto es las dimensiones máximas que contiene un agregado, en base a que las cantidades de aglutinante solicitadas para elaborar un diseño con una resistencia a fuerzas compresionales máximas, a un periodo de tiempo estipulado, con agregados seleccionados, difiere en base a su tamaño respectivo máximo del presente agregado grueso de la combinación de los elementos para obtener el concreto.

En términos generales, al emplear dimensiones elevadas disminuye la superficie del área y el porcentaje de porosidad en la estructura del agregado grueso. Teniendo en cuenta que al considerar esta característica para el empleo de mortero será de menor proporción y por lo tanto se minimizará la utilización de cemento en una pasta ligante con una relación existente de agua y cemento inalterable, para lograr obtener una trabajabilidad calculada. Este proceso es factible para resistencias que oscilan en un límite de 250 kg/cm², ya que las presentes investigaciones han determinado que, al disminuir el uso de aglutinante para una resistencia establecida, se logra con agregados de menor dimensión. Teniendo como consignas las siguientes conclusiones:

- ✓ Si se procede a dividir la resistencia del concreto en base a su proporción de cemento que contiene, se calcula un parámetro que resulta en base a la eficiencia del material cementicio en kg/cm² con respecto a la resistencia a fuerzas compresionales, este cálculo se realiza en base a un m³ de concreto por cada kg de cemento. Se puede apreciar como representación en la imagen lo mencionado.
- ✓ Para los concretos que se diseñan para elevadas resistencias, deberán tener en cuenta que mientras más sea la exigencia de la resistencia más bajo deberá ser las dimensiones para conseguir la eficiencia en su máxima expresión. Se sabe que para lograr una resistencia adecuada se deberá consignar un parámetro de la dimensión máxima del tamaño, teniendo en cuenta este comportamiento se deberá compensar con la adición de cemento en el proceso de elaboración. Para lograr una mayor eficiencia en concretos que se le atribuye una resistencia menor, deberá contemplarse un tamaño máximo de sus dimensiones. En morteros con resistencias intermedias, se presenta un parámetro extenso en las dimensiones que se utilizan para una misma resistencia calculada, específicamente se deberá mantener la cantidad del cemento como insumo agregado. Se requerirá en casos especiales el aumento del contenido de cemento cuando se usan agregados que presentan agregados pequeños en límites máximos de tamaño.

Manteniendo una relación existente de agua y cemento, en concretos elaborados con tamaños límites máximos menores presentan elevadas resistencias a diferencia de los que tienen los tamaños máximos mayores. La discrepancia es que el parámetro de la resistencia que relaciona los tamaños límites máximos

mayores e inferiores contiene una mayor pronunciación para la relación existente entre el agua y cemento con un porcentaje bajo. Se visualiza el fenómeno descrito en la imagen.

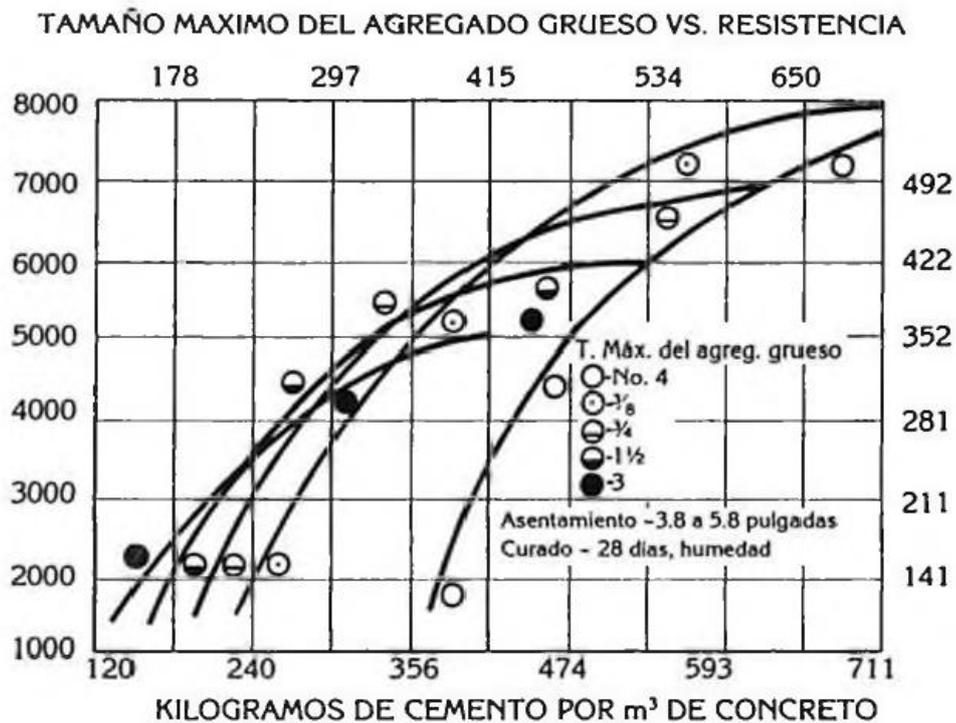


Figura 8. Eficiencia del cemento en kg/m³ contra kg/cm²

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

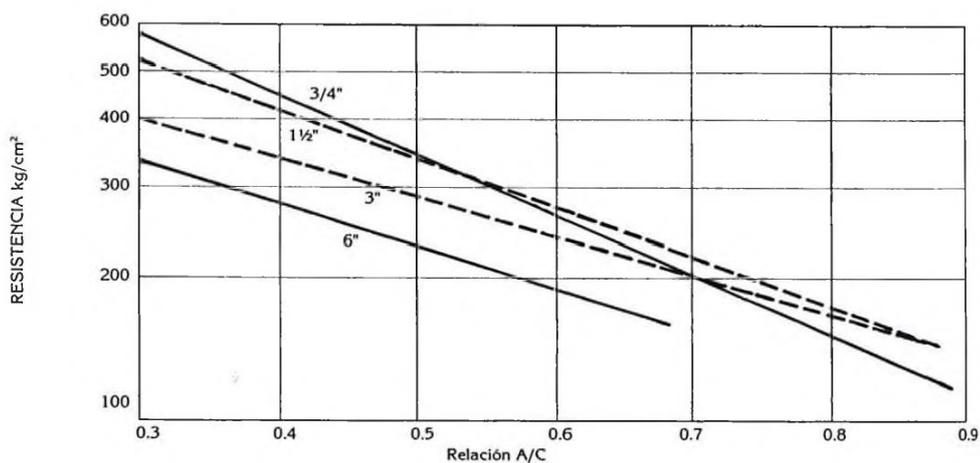


Figura 9. Resistencia a la compresión del concreto, para varios tamaños máximos de los agregados y diferentes relaciones agua-cemento

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

2.2.3.2.4.5. *Fraguado del concreto.*

Otro aspecto que influye en la resistencia de un concreto es el tiempo que demora en endurecerse el producto, el suceso que ocurre cuando atraviesa una etapa plástica a una etapa rígida, en base a parámetros y determinadas características de tiempo y condiciones de temperatura, este proceso es el trayecto en el cual el concreto diseñado en base a la fragua con los elementos que contiene en la estructura.

Por consiguiente, se determina que el tiempo que se demora la fragua es un factor elemental para tener en cuenta si se procederá a requerir el empleo de aditivos que procedan a añadir características para alterar el tiempo de fragua, que pueden aumentar o disminuir el tiempo mencionado, con el objetivo de regular el tiempo de demora la combinación y el traslado de los elementos, teniendo en cuenta que no se altere la trabajabilidad y mucho menos la resistencia de la combinación para elaboración de un concreto.

El factor tiempo de la fragua del concreto es un dato que se caracteriza de manera arbitraria, el cual se controla cuando ocurre o cuando sucede el proceso que atraviesa la mezcla de un estado trabajable a un estado rígido. El método más utilizado (ASTM C-403) que se procede en base a la medición de la tolerancia a la penetración que ofrece un espécimen de concreto tamizado por la malla normalizada No. cuatro, la cual es colocada en un contenedor para proceder a ejercer una presión con un elemento punzante (aguja) circular que tiene una parte de sus extremos con forma plana, hasta que el aparato profundice en el elemento una dimensión aproximada de 1 pulgada. Se usarán un total de 6 agujas, que presenten una variabilidad en sus áreas en base a un parámetro de $1 - 1/40$ de

pulgadas cuadradas. Se graficará una curvatura, en base al tiempo de fragua inicial con una resistencia propia del material que se ha atravesado de 35 kg/cm³ (500 psi) y se registrará el tiempo de fragua final a una resistencia propia del material que se ha atravesado de 280 kg/cm³ (4,000 psi). El control de temperatura es necesario, ya que, el presente tiene una influencia notable en el tiempo de fragua, la cual depende de que, si la combinación tiene un déficit de calor de hidratación, por consiguiente, el proceso mencionado afectara a la adquisición de resistencia existiendo la posibilidad de que el tiempo sea alargado. En la imagen se procede a visualizar una representación característica.

2.2.3.2.4.6. Edad del concreto.

Uno de los elementos externos con mayor importancia es la edad del concreto, ya que esta característica está supeditada a la interrelación que existe entre el agua/cemento y la resistencia del concreto, puesto que se emplea solamente para una clase de cemento y a una única edad.

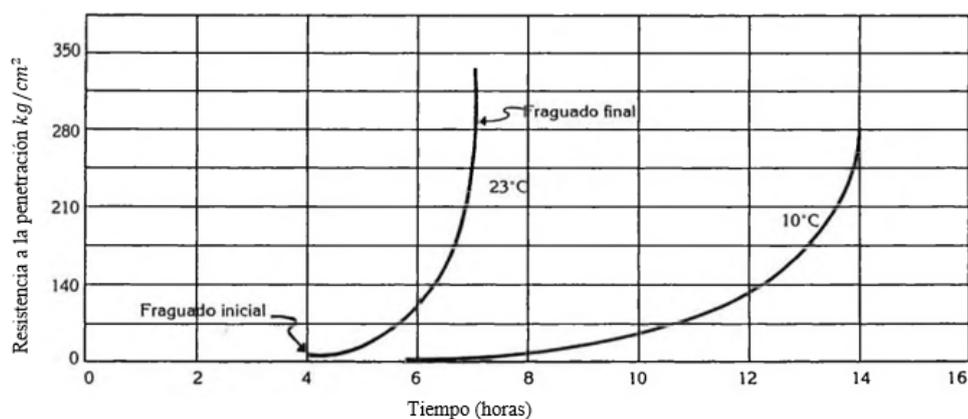


Figura 10. Resistencia a la compresión del concreto, para varios tamaños máximos de los agregados y diferentes relaciones agua-cemento

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

Se puede indicar que, en el instante que se da el fraguado final a una resistencia a la penetración de 280 kg/cm², se inicia el proceso de ganancia de resistencia, lo que corresponde a una resistencia a la compresión de aproximadamente 7 kg/cm² o 100 lb/pulg², resistencia que se va incrementado con el paso del tiempo.

La edad promedio para que la resistencia del concreto sea más característica y ofrezca mayores propiedades mecánicas, es la edad de 28 días (edad escogida al azar).

Existen diferencias de acuerdo a la relación agua/cemento respecto a la resistencia y el tiempo de vida del concreto, mezclas que presenten baja relación agua/cemento incrementan en resistencia, esto indicado en porcentaje de resistencia en un periodo largo, pero lo contrario sucede en las mezclas con una relación agua/cemento más alto. Todo esto se explica, a que en el caso de relación baja de agua/cemento, los granos de este último están más próximos unos de los otros, y de esta manera se inicia inmediatamente un sistema continuo de gel, por ello, es difícil considerar una predicción de la resistencia en tan solo 7 días para conseguir datos a los 28 días, así sea una misma clase de cemento.

No obstante, si nos basamos en la resistencia a la compresión a los 28 días, el incremento aproximado de esta resistencia con el paso del tiempo se podría tomar como verdad, pero solo de forma estimada, como se aprecia en la tabla siguiente que para concretos desarrollados con relaciones de agua/cementos similares y a su vez diferentes cementos tipo I del país, no olvidando que la resistencia a los 28 días de edad no es igual para todos los tipos de cementos.

En la tabla que se muestra en la siguiente página, se considera el límite inferior a relaciones agua/cemento altas (0,7), mientras que el límite superior se corresponde a relaciones agua/cemento bajas (0,4).

Por otro lado, referente a la relación que existe entre las resistencias entre los 7 días y 28 días, es posible aplicar la fórmula que se describe a continuación, recalando que dicha relación es solo estimada, puesto que, a edades muy tempranas habrá una repercusión marcada de las propiedades del cemento, la relación agua/cemento, la utilización de adiconantes, la humedad, y demás.

$$R_{28} = C + KR_7 \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

R_{28} = Resistencia a la compresión a los 28 días de edad en kg/cm^2

R_1 = Resistencia a la compresión a los 7 días de edad en kg/cm^2

C_1K = Constantes que dependen del tipo de cemento

Cemento	Edad (días)	Porcentaje de resistencia respecto a la de 28 días						
		1	3	7	14	28	56	90
Argos		9-14	35-47	60-67	80-84	100	116-120	128-134
Boyacá		11-14	33-43	58-64	79-82	100	118-121	130-135
Cairo		24-27	38-49	62-69	81-84	100	115-116	126-127
Caldas		10-19	36-46	60-66	80-83	100	117-120	128-134
Caribe		17-32	44-55	65-72	83-86	100	114-117	124-129

Figura 11. Aumento promedio de la resistencia a la compresión del concreto, con el tiempo, para varios cementos tipo I colombianos

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

Cemento	Edad (días)	Porcentaje de resistencia respecto a la de 28 días						
		1	3	7	14	28	56	90
Diamante B/manga		15-20	43-46	65-67	82-83	100	117-118	128-130
Diamante Cúcuta		11-25	37-50	61-69	80-84	100	116-120	126-133
Diamante Tolima		10-18	37-45	61-66	80-83	100	117-119	129-133
Nare		12-19	41-46	64-66	82-83	100	117-118	128-131
Paz del Rio		10-24	38-49	62-69	81-84	100	116-119	127-132
Samper Sta. Rosa		18-22	45-47	66-68	83-84	100	116-117	127-129
Samper Siberia		17-24	43-49	65-68	81-84	100	116-119	127-131
Valle		6-9	33-39	59-62	79-81	100	119-121	132-135

Figura 12. Aumento promedio de la resistencia a la compresión del concreto, con el tiempo, para varios cementos tipo I colombianos

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

Cemento	C	K
Argos	36,34	1,36
Boyacá	39,70	1,40
Cairo	32,49	1,31
Caldas	26,51	1,43
Caribe	31,48	1,29
Diamante B/manga	-15,75	1,59
Diamante Cúcuta	17,83	1,38
Diamante Tolima	45,28	1,35
Nare	6,03	1,50
Paz del Río	59,38	1,28
Samper Sta. Rosa	10,35	1,44
Samper Siberia	41,23	1,34
Valle	29,22	1,50

Figura 13. Valores de C y K para varios cementos tipo I colombianos

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

2.2.3.2.4.7. Curado del concreto.

La resistencia final del concreto se reducirá, ya que, en el proceso de exposición al aire de este compuesto, por la disminución de la humedad en el procedimiento de fraguado y que subsiguientemente se imposibilita la hidratación total del cemento, ocasionando esta disminución en la resistencia. Por otro lado, la velocidad e intensidad de la sequedad estará supeditadas a la masa del concreto, la cual estará relacionada directamente al área de superficie que se expone, junto con la humedad del entorno.

Por lo tanto, el proceso de curado es la definición que se le otorga a los procedimientos para fomentar la hidratación del cemento, este proceso radica en llevar un control de la temperatura y demás movimientos de humedad tanto fuera como dentro del concreto. Ahora bien, de manera más específica, la finalidad del curado es conservar el concreto lo más saturado que se pueda para con ello,

finalizar de hidratar el cemento. En la figura N° 14 se puede apreciar la representación gráfica del resultado de las condiciones de humedad del concreto en el momento en que se presenta la falla sobre la propiedad de resistencia a la compresión, se detalla entonces, como al recomenzar el proceso de curado al aire por el periodo de un tiempo establecido, se procede a reiniciarse asimismo el proceso de hidratación.

2.2.3.2.4.8. Temperatura.

Po último, uno de los elementos externos que puede afectar a la propiedad de la resistencia del concreto es la temperatura que se presenta en el proceso de fraguado y curado, ya que el aumento de la característica de temperatura en el curado precipita los cambios químicos en la hidratación, ocasionando un efecto muy bueno en la resistencia temprana del concreto, sin consecuencias negativas en la resistencia posterior.

No obstante, si la temperatura es demasiado elevada en el proceso de colocación y fraguado, a pesar de que contribuya al incremento de la resistencia de manera anticipada, podría repercutir desfavorablemente en la resistencia tras haber transcurrido alrededor de 7 días de edad del concreto. Y esto se entiende porque una acelerada hidratación inicial de las partículas de cemento es principalmente en la capa superior, y aparentemente supone la creación de productos con un diseño estructural físicamente más deficiente y quizás más porosa.(Sánchez de Guzmán, 2001)

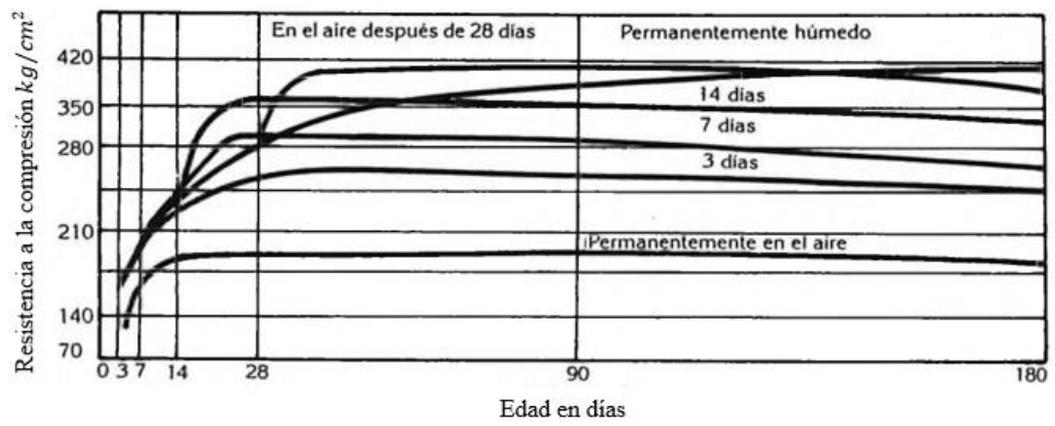


Figura 14. Efecto de las condiciones de humedad durante el curado

Fuente: Sánchez de Guzmán, 2001

2.3. Marco Conceptual

Acuífero. Formación porosa (lecho o estrato) que contiene agua, constituido por rocas permeables, arena o grava, capaz de ceder importantes cantidades de agua (RAI, 2012).

Agregado. Es un conglomerado de varios materiales de diferentes composiciones como mineral, natural o artificiales, con características inertes, todo ellos empleados en el rubro de la construcción de obras civiles (Gutiérrez de López, 2003). Los agregados son un componente importante en algunas características de las obras de construcción civil como son la durabilidad, estabilidad y economía, ya que suelen representar un volumen considerable del resto de componentes. Algunos ejemplos lo demuestran: en el concreto hidráulico un 65% a 85%, en el concreto asfáltico el 92% a 96%, mientras que en los pavimentos el 75% a 90% (Gutiérrez de López, 2003).

Agregado Fino. Es un material que deviene de la descomposición de forma natural o artificial de partículas que presentan una granulometría que corresponderá según las especificaciones técnicas determinadas, por ejemplo, se indica que estas partículas pasan por una malla N° 04 con una medida de 4,75 mm, que a su vez contiene finos (MTC, 2018).

Agregado Grueso. Es un material que también se obtiene de la disgregación por medios naturales o artificiales de partículas, cuyo análisis granulométrico estará correspondido por especificaciones técnicas ya establecidas, y generalmente estas partículas quedarán retenidas por una malla N° 04, con una medida de 4,75 mm. (MTC, 2018)

Alcalinidad. Propiedad de una disolución que presenta un exceso de iones hidróxido (RAI, 2012).

Análisis químico. El procedimiento de análisis químico de una muestra específica de materia se puede llevar a cabo desde dos tipos de análisis específicos: cualitativo y cuantitativo. El primero indica la identificación química de los especímenes de la muestra, mientras que el segundo, busca establecer de manera numérica la cantidad respectiva de los especímenes que conforman la muestra (Campillo, 2011).

Cemento. Aglomerante obtenido por calcinación de arcilla y caliza, que endurece al ser amasado con agua (RAI, 2012). Así mismo, también se considera la denominación de cemento, a toda sustancia que tenga características de pegante, sin importar su origen (Gutiérrez de López, 2003) .

Cemento hidráulico. Este compuesto es un material inorgánico que ha sido muy refinadamente pulverizado o destruido, por lo que al añadirle el elemento acuoso, con o sin la mezcla de arena, grava asbesto o demás materiales con características parecidas, tiene la particularidad de presentar un proceso de fraguado y endurecimiento, inclusive si se realiza el procedimiento sumergido en agua, todo ello gracias a sus propiedades químicas durante la fase de hidratación, y posterior a la solidificación permanecen las características de resistencia y estabilidad (IMCYC, 2009; ONNCCE, 2004).

Cemento Portland. Cemento que se consigue a través de la trituración finamente por molturación del Clinker al que se añade yeso, con objeto de regular su fraguado.(RAI, 2012). Mientras que el Clinker se obtiene del calcinamiento hasta

una fusión inicial de una mezcla que se encuentra correctamente medida con materiales silíceos, calcáreos y férricos (Gutiérrez de López, 2003).

Cloruros. Sal derivada del ácido clorhídrico (RAI, 2012). Son compuestos formados ya sea por uno o varios átomos de cloro, a los que se les agrega elementos poco electronegativos como el sodio, calcio o potasio, o también elementos metálicos que pueden ser el hierro o aluminio, constituyendo así, sales de características básicas, no obstante, también se pueden crear ácidos como el clorhídrico, y otras moléculas orgánicas más complejas como troclorometano o cloroformo (PRTR-España, 2007).

Concreto. Compuesto de origen pétreo y artificial, que se logra de la mezcla de cantidades específicas en proporciones determinadas de otros materiales como el cemento, agregados y agua. En la mezcla de cemento y agua se obtiene una sustancia pastosa que envuelve a los agregados, estableciéndose un material de tipo heterogéneo. En ocasiones se suelen añadir otras sustancias, que se denominan aditivos o adionantes, los cuales tienen la función de optimizar o variar algunas propiedades del concreto (González & Robles, 2005).

Curado. Proceso que radica en inspeccionar las circunstancias ambientales, específicamente parámetros de temperatura y humedad, durante el proceso de fraguado y/o solidificación del concreto o mortero (MTC, 2018).

Diseño de mezcla. Es el procedimiento mediante el cual se obtiene la dosificación que vaya más acorde a la valuación económica del cemento, agregado grueso y arena para que se tenga como finalidad la fabricación de un material con características que sean solicitadas para el diseño de una estructura y por la técnica constructiva que se utilizará, estas características son resistencia, impermeabilidad,

durabilidad y manejabilidad. Se tienen varios métodos o técnicas para la dosificación de concretos, pero ninguno de ellos es exacto, ya que todos tienden a ser métodos-error, puesto que en el proceso de trabajo se van haciendo pruebas, y las precisiones necesarias, ya sean por asentamiento o resistencia de ser el caso, hasta finalmente conseguir la dosis adecuada para la mezcla según el requerimiento (Gutiérrez de López, 2003).

Dosificación del concreto. Procedimiento mediante el cual se realiza la medición considerando las características de peso o volumen de acuerdo a cada caso de los ingredientes, y su posterior colocación en la maquina mezcladora para una cantidad determinada de concreto o mortero (MTC, 2018).

Durabilidad. Calidad o atributo de un material o mezcla para ser resistente a la descomposición o disgregación por el sometimiento a efectos de tipo mecánicos, ambientales o inclusive de tráfico (MTC, 2018). Así mismo, la durabilidad es la característica que le permite conservar su forma inicial, así como su calidad y demás propiedades de servicio a través del paso del tiempo y frente a cambios climáticos, procesos químicos u otro que ocasione deterioro o menoscabo. Por otro lado, la durabilidad también se ve comprometida por causas de origen interno, como permeabilidad, o los materiales que conforman o variaciones en el volumen a causa de las características térmicas; las condiciones de exposición al medio ambiente pueden también afectar a la durabilidad, ocasionando deterioro por razones físicas, químicas o mecánicas (Gutiérrez de López, 2003).

Ensayo de compresión. Es un tipo de ensayo que se realiza para establecer la resistencia de un determinado material o si presenta deformación ante una fuerza de compresión (MTC, 2018).

Granulometría. Distribución del tamaño de los granos que componen un árido.(RAI, 2012) También se define como la representación de los diferentes tamaños que tiene un agregado mediante el proceso del tamizaje según especificaciones técnicas (MTC, 2018) .

Hidratación. Creación de un compuesto por mediante el proceso de mezcla de agua en adición en otras sustancias (MTC, 2018). Incorporación de agua molecular en una molécula compleja que puede mantenerse unida por fuerzas relativamente débiles, o puede existir como un compuesto definido (RAI, 2012).

Hormigón. Compuesto que se obtiene de la combinación de materiales como agua, arena, grava y cemento o cal, que posteriormente al pasar el proceso de fraguado, logra mayor resistencia (RAE, 2007).

Impurezas. Elementos que, al estar presente en una sustancia determinada, perjudica y daña sus propiedades y características (RAE, 2007).

Mortero. Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento Pórtland), agua y puede contener aditivos (MTC, 2018). Material ligante entre piezas de un muro, actúa para el agarre y unión; es moldeable y con él se rellenan los huecos evitando el contacto directo entre ladrillos.(RAI, 2012)

Parámetros fisicoquímicos. Es un área de la ciencia que se encarga del estudio de la relación entre las propiedades físicas y químicas de una determinada sustancia.(RAE, 2007)

Potencial de Hidrógeno (pH). Medición de la acidez o basicidad de una disolución, que se precisa como el logaritmo decimal variando de signo de la concentración, en moles por litro, de iones hidrógeno. (Mlombric, 2019) por

ejemplo, el agua pura posee un pH de 7, dicho valor significa neutralidad, mientras que valores inferiores a este indican soluciones acidas, y superiores serian básicas (RAI, 2012).

Probeta. Pieza de dimensiones precisas extraída de la unidad de ensayo (RAI, 2012).

Psi. Unidad de presión inglesa; 14,7 psi equivalen a 1 Kg/cm². (RAI, 2012)

Relación agua/cemento. (A/C) Es la característica de mayor importancia en la propiedad de la resistencia del concreto. Por lo tanto, una determinada A/C produciría diferentes resistencias en relación al tipo de agregado y variedad de cemento. Esta relación no solamente se establece por los estándares de resistencia, sino por otras características como durabilidad y otras cualidades para el acabado. Finalmente, los diversos agregados y cemento originan resistencias distintas con una relación agua-cemento, por ello se debe primeramente conocer la relación que tienen la resistencia y la A/C de los materiales que se emplearán (Gutiérrez de López, 2003).

Resistencia a la compresión. Es un tipo de ensayo que se ejecuta en laboratorio, en el cual se ubica una muestra de tipo cilíndrica en una prensa, a la cual se le aplicara una fuerza hasta conseguir la rotura de dicha muestra, midiendo así, cuál es su resistencia la compresión (MTC, 2018).

Sales solubles. En general, la solubilidad de las sales se presenta de acuerdo a los siguientes ítems: a su composición química, estado físico y la interrelación con otros elementos del suelo. Dentro del grupo de sales más solubles se encuentran los cloruros y nitratos, mientras que los menos solubles son los carbonatos y sulfatos (Tiloom, 2019).

Sulfatos. Sal del ácido sulfúrico (RAI, 2012). Existen una numerosa cantidad de sulfatos en la naturaleza y están presentes en el agua, teniendo variaciones en algunas centenas de miligramos por litro (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo observacional, prospectiva, transversal.

Así mismo, de acuerdo al tipo de datos analizados, la investigación es cuantitativa, ya que los datos que se recolectan serán examinados a detalle y medidos mediante estadística descriptiva para contrastar una hipótesis.

Por lo tanto, este tipo de investigación se basa en la búsqueda del conocimiento, la interacción, construcción y la transformación o alteración del problema de investigación o de la propia realidad motivo de estudio. Es así que, este tipo de investigación precede al desarrollo de los conocimientos de valor universal a un enfoque más específico en la aplicación de manera rápida e inmediata de una problemática. En el área de Ingeniería Civil, los proyectos que están inmersos en esta categorización son los que presenten soluciones a alguna problemática, como se da en el caso del actual estudio de investigación que tiene como finalidad determinar la influencia del agua del río Moquegua en la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones (Borja, 2016).

En tanto, que el nivel de investigación de este estudio encaja en el nivel descriptivo, puesto que no se hará uso de estadística inferencial para determinar la influencia o relación de variables, pero cabe recalcar que esta investigación si es bivariada, ya que cuenta con una variable independiente (agua de río) y una variable dependiente (resistencia a la compresión del concreto), por lo que la influencia a la cual se hace referencia en el planteamiento inicial y los objetivos, se determinó exclusivamente mediante el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa técnica (NTP 339.088).

3.2.Diseño de la investigación

Cuasi experimental:

Este estudio poseerá un diseño de investigación cuasi experimental, los cuales destacan por ser instrumentos importantes de trabajo en el área de investigación aplicada, y se caracterizan por ser representaciones de investigación no aleatorias, lo que implica que no se puede constituir de manera puntual la conformación preliminar de los grupos, como si se presenta en los diseños de investigación de tipo experimental.(Bono, 2012) Por otro lado, autores como Cook y Campbell indican que los diseños cuasi experimentales son una muy buena opción a las investigaciones de tipo experimental con la distribución aleatoria de los sujetos de estudio, sobre todo para los casos en los que por el contexto social del entorno no se cuenta con una total vigilancia experimental propiamente dicha (Cook & Campbell, 1986).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

La población en esta investigación, estuvo constituida por el agua del río Moquegua, solo en el proceso de análisis de esta variable de estudio; pero referente a la realización del ensayo de resistencia a la compresión del concreto son las probetas construidas para tal objetivo.

3.3.2. Muestra.

Para el análisis del agua del río Moquegua se utilizarán muestras representativas de 02 zonas de extracción, con volúmenes específicos en recipientes de plástico proporcionados por el laboratorio para cada parámetro de estudio, empleando procedimientos que permitan extraer el agua sin alterar su naturalidad, las muestras serán llevadas al laboratorio para proceder a realizar los ensayos respectivos para identificar las características del recurso hídrico.

Tabla 4

Característica de la muestra de agua del río Moquegua

Item	Tipo de agua	Tipo de muestra	Análisis requeridos (parámetros)	Volumen	Cantidad
1	ADR	Simple	Alcalinidad total (mgCaCO ₃ /L)	500 ml	2 frascos
2	ADR	Simple	Aniones: Cloruro (mg/L), Sulfato (mg/L)	60 ml	2 frascos
3	ADR	Simple	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	1000 ml	2 frascos
4	ADR	Simple	Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)	1000 ml	2 frascos
5	ADR	Simple	Potencial de Hidrógeno (pH)	100ml	2 frascos

Fuente: Laboratorio Ambiental SGS del Perú S.A.C., 2021

Nota: ADR= Agua de río

Para la realización del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, la muestra está representada por probetas de concreto divididas en 02 grupos que se detallan a continuación:

Tabla 5

Conformación de la muestra de probetas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Ítem	Grupo	Recurso hídrico	Cantidad
1	Grupo de Control: probetas de control, especímenes de control	Agua potable	17 unidades
2	Grupo de Estudio: Probetas de estudio, especímenes de estudio	Agua del Río Moquegua	17 unidades
	Total		34 unidades

Fuente: Laboratorio Ambiental SGS del Perú S.A.C., 2021

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la actual investigación se utilizó los siguientes instrumentos y procedimientos para la obtención de los datos necesarios para el desarrollo correcto en cada etapa de la investigación.

Como primer paso, se realizó los trámites respectivos en el laboratorio para análisis de los parámetros físico-químicos para la extracción de las muestras de agua del río Moquegua.

Como segundo paso, se procedió a delimitar la zona de estudio en campo, en base a los planos que nos indicaran los puntos en donde se procederá a realizar el presente estudio.

Como tercer paso, se realizó la extracción de las muestras teniendo en cuenta las indicaciones establecidas en los protocolos de las entidades correspondientes para que los especímenes, en este caso los fragmentos de agua no sean manipulados de manera incorrecta, con el propósito de ensayar una muestra natural con un mínimo porcentaje de alteración.

Como cuarto paso, se realizó los tramites con el laboratorio de suelos para la realización de los ensayos correspondientes en base los requerimientos necesarios para el estudio.

Como quinto paso, se realizó los ensayos de los análisis físico-químicos de los parámetros que se han determinado según la NTP 339.088 a las muestras de agua obtenidas del río Moquegua, procedimiento encargado al laboratorio SGS del Perú S.A.C.

Como sexto paso, se desagregó los resultados conseguidos de las pruebas realizadas anteriormente en el laboratorio de suelos L y D, con los cuales realizó el cálculo respectivo para el diseño mezcla correspondiente.

Como séptimo paso, el laboratorio de suelos procedió a realizar los procedimientos para los ensayos de roturas de las probetas, como el vaciado del concreto que se elaboró en base al diseño calculado, para lo cual se realizaron entre tres a cuatro (3 a 4) probetas por día en un período de tiempo de tres (03) días.

Como octavo paso, el laboratorio de suelos realizó el rompimiento de los testigos de concreto a los siete (07), catorce (14), veintiocho (28) y treinta y cinco (35) días, y se registró los datos con el mínimo error posible considerado en el procedimiento y en el proceso de rotura.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la presente investigación se realizó la recolección de datos a partir de los informes técnicos de los laboratorios contratados: Laboratorio SGS del Perú S.A.C. y Laboratorio de suelos L y D, esta información se procesó en softwares de evaluación de datos como el programa Microsoft Excel 2019 y el SPSS v.20 (Statistical Package for the Social Sciences).

Para la evaluación y el análisis de datos se decidió ejecutar una estadística descriptiva de datos numéricos, con valores absolutos y porcentuales.

Mientras que para la contestación de hipótesis se utilizó solamente el análisis descriptivo de los datos obtenidos tras la aplicación de los análisis de laboratorio, teniendo de guía la normativa técnica peruana como la NTP 339.088 y afines, documentos técnicos que nos dieron las directrices para la ejecución de los ensayos de la presente investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados por variables

La actual investigación se desarrolló en fases o etapas, desde la planificación de los procedimientos y coordinación con las entidades correspondientes, pasando por la recolección de datos y muestras, hasta la obtención de los resultados por cada análisis de laboratorio.

4.1.1. Fase administrativa.

4.1.1.1. Laboratorio de análisis de agua.

Se ejecutaron los trámites administrativos para la extracción y análisis de muestras de agua superficial de río, realizándose las cotizaciones respectivas en los diferentes laboratorios de procesamiento de agua más cercanos a la localidad, con mayor prestigio y reconocimiento, y que cuenten con la acreditación INACAL para sus respectivos procedimientos de los análisis de laboratorio, con ello se garantizó que las muestras fueran tratadas sin sufrir alteraciones desde su recojo hasta su procesamiento. Tras la búsqueda y cotejo de propuestas, se optó por utilizar los servicios del laboratorio SGS del Perú S.A.C., puesto que cumplía con los requisitos establecidos y mencionados líneas arriba.

4.1.1.2. Selección de zona de extracción de muestras de agua.

Se determinó como zona de recolección de las muestras el río Moquegua, ubicado en el distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, el tramo situado en el malecón ribereño a la altura de Plaza Vea. En la tabla 6 se detalla la ubicación mediante la localización y georreferenciación con GPS (Global Positioning System) de los puntos de extracción, siendo seleccionadas dos zonas denominadas posteriormente Estación 1 (río Moquegua 1) y Estación 2 (río Moquegua 2).

Tabla 6

Puntos de geolocalización para extracción de muestras de agua

Ítem	Estación	Coordenadas UTM WGS84 – 19S	Altitud (msnm)
1	Río Moquegua 1	8098788.3471 m Norte 293854.6990 m Este	1409.89
2	Río Moquegua 2	8098793.9940 m Norte 293864.0842 m Este	1410.71

4.1.1.3. Canteras de agregados.

Así mismo se llevó a cabo los trámites correspondientes con la cantera seleccionada según las características de los agregados que se requerían para el proceso de construcción de las probetas de concreto, para ello se necesitó la obtención del material granular (agregado fino y grueso) para la ulterior ejecución del análisis de laboratorio de suelos de compresión del concreto. La cantera seleccionada fue la cantera Radcom 3 – Quebrada del Cementerio, de la cual se adquirió y se extrajo 100 kg de piedra de 3/4" y 100 kg de arena gruesa.

La empresa propietaria de la cantera es la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, pero el dueño con derecho minero no metálico es Cario Alberto Iriarte Zúñiga.

Tabla 7

Ubicación de la cantera Radcom 3

Ubicación Política	
Paraje	Quebrada del cementerio
Distrito	Samegua
Provincia	Mariscal Nieto
Departamento	Moquegua
Coordenadas	
Norte	8097375.6781 m
Este	298305.6470 m
Altitud	1703.05 msnm

Respecto a su actividad extractiva, la cantera tiene un tipo de extracción mecánica, su explotación consiste en la explotación de un yacimiento minero no metálico a tajo abierto excavando hasta una profundidad de 3.50 m del recurso no metálico denominado agregado, y para ello no realiza ningún tipo de transformación.



Figura 15. Ubicación de la Cantera Radcom 3

Fuente: Google Earth, 2021

4.1.1.4. Laboratorio de Suelos.

Por último, se realizó los trámites administrativos para la selección del laboratorio de suelos y geotecnia para el desarrollo del análisis de resistencia a la compresión del concreto, conjuntamente con la construcción de probetas, para lo cual se revisó las propuestas de los laboratorios a los cuales se les cotizo sus servicios, siendo seleccionado el Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos - L Y D.

4.1.2. Fase de campo.

En segundo lugar, se ejecutaron los procedimientos en campo de los procesos que anteriormente se habían coordinado en el área administrativa, estos corresponden específicamente a la extracción de muestras de agua superficial de río, y a la extracción de los materiales de agregados de las canteras.

4.1.2.1.Extracción de muestras de agua.

Mediante el protocolo proporcionado por el laboratorio SGS del Perú S.A.C. se procedió a la extracción de las muestras de agua de las zonas seleccionadas, para ello se contó con el material y equipos de protección personal (EPP) necesarios como: botellas de plástico con etiqueta de rotulo para recojo de muestras, canasta de plástico para soporte de botellas, mandilón descartable, gorros descartables, mascarillas KN95, botas sanitarias, guantes de nitrilo, plumón indeleble para rotulado, cooler para traslado de muestras a laboratorio, ice packs gels para conservación de muestras, burbupack para protección de muestras, stretch film y cinta para embalaje de cooler, y cadena de custodia con la información requerida de la toma de muestras.

4.1.2.2.Extracción de agregados de canteras.

Una vez seleccionada la cantera Radcom 3, se procedió a la extracción de los agregados, para ello se hizo la cotización respectiva del material a utilizar, para luego hacer la adquisición correspondiente. Para el proceso de extracción se utilizó una pala manual pequeña y sacos, se recogió la cantidad de material solicitada y se hizo el traslado el mismo día al laboratorio de suelos, el cual recepcionó los agregados.

4.1.2.3.Demás materiales.

Para la elaboración de las probetas de concreto se utilizó además del agua de rio (agua de estudio), agua potable (agua de control) y agregados, materiales como cemento tipo IP, el cual fue seleccionado por sus características y propiedades, este es un cemento elaborado sobre la base de clínquer puzolana y yeso, y de acuerdo a la norma NTP 334. 090 se clasifica como tipo IP, presenta características de ser

resistente a los sulfatos y ambientes marinos, así como resistente a ambientes industriales.

4.1.3. Fase de laboratorio.

4.1.3.1. Resultados de las propiedades físico-químicas del agua.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras el procesamiento de las muestras de agua en el laboratorio SGS del Perú S.A.C. sede Arequipa, los cuales fueron comparados con los parámetros de la NTP 339.088.

Tabla 8

Valores obtenidos de los parámetros de las muestras de agua del Río Moquegua

Parámetros	Unidad de medida	NTP 339.088	Agua río Moquegua	
			Estación 1	Estación 2
			Río Moquegua 1	Río Moquegua 2
Materia orgánica	ppm	3	<2.6	<2.6
Residuo insoluble	ppm	5000	14 ± 4	11 ± 3
pH	und	5.5 – 8	8.38	8.35
Sulfatos	Ppm	600	127.377 ± 13.383	127.688 ± 13.412
Cloruros	ppm	1000	43.172 ± 0.806	42.862 ± 0.799
Alcalinidad	ppm	1000	105.4 ± 23.2	108.4 ± 23.8

Fuente: Laboratorio Ambiental SGS del Perú S.A.C., 2021

En la tabla se aprecia que los valores obtenidos de los parámetros físico químicos de la estación 1 y estación 2 del agua del río Moquegua son diferentes a los establecidos en la NTP 339.088, habiendo inclusive valores muy distantes entre ellos en algunos parámetros.

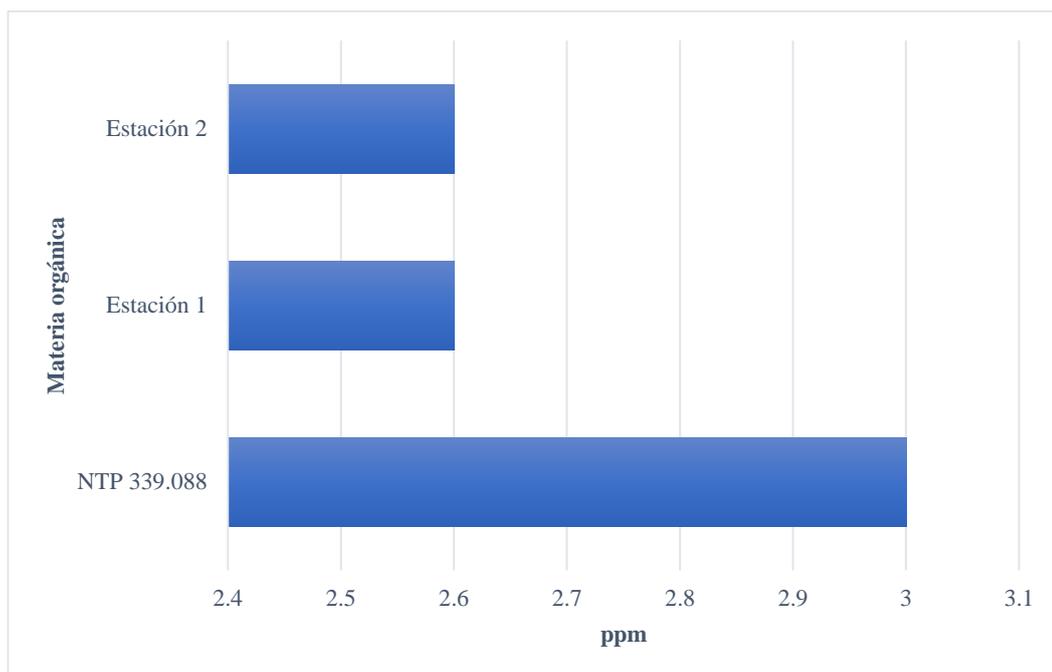


Figura 15. Parámetro Materia Orgánica NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 15 se puede observar que el parámetro de materia orgánica debe ser de 3 ppm según la NTP 339.088 para aguas no potables para la utilización en la elaboración del concreto, y tras realizar el análisis de laboratorio se obtuvo un valor >2.6 ppm en ambas estaciones, siendo este valor inferior al requerido según la norma técnica, siendo específicamente el parámetro físico-químico denominado Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), el cual se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia.

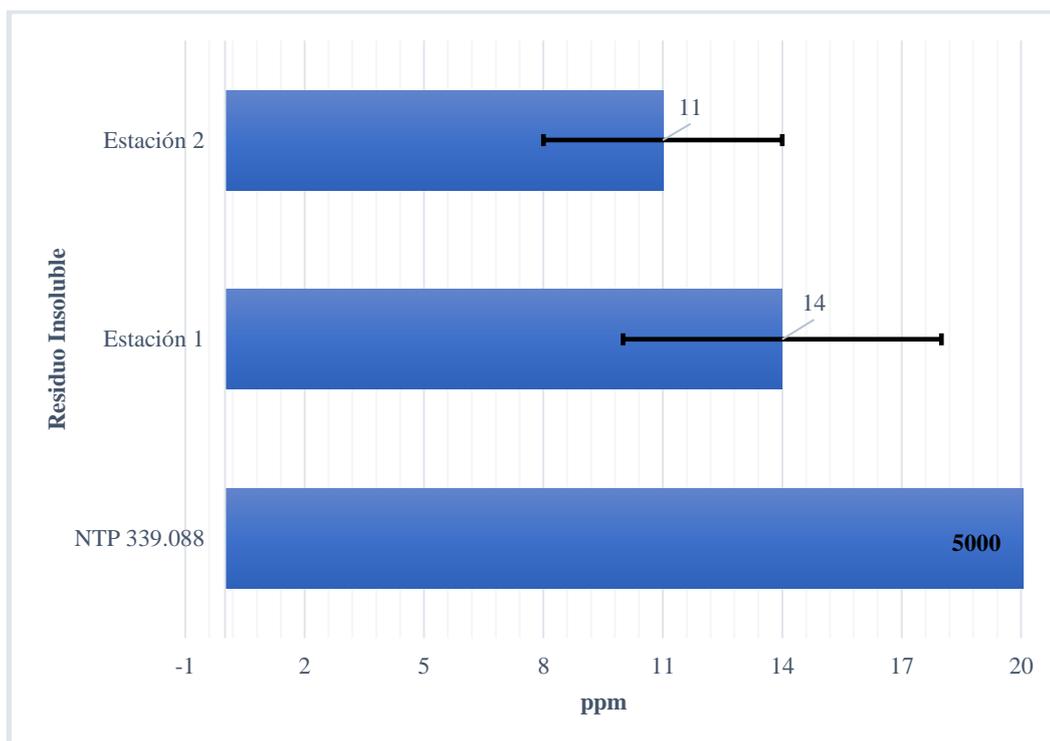


Figura 16. Parámetro Residuo Insoluble NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 16 se aprecia que el parámetro residuo insoluble debe presentar un valor de 5000 ppm según la norma técnica, mientras que los valores obtenidos en las muestras de agua ascienden a 14 en la Estación 1 y 11 en la Estación 2, mostrándose una gran diferencia en comparación con el valor de la NTP. El parámetro específico se denomina Sólidos Totales en Suspensión (TSS) el cual indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua.

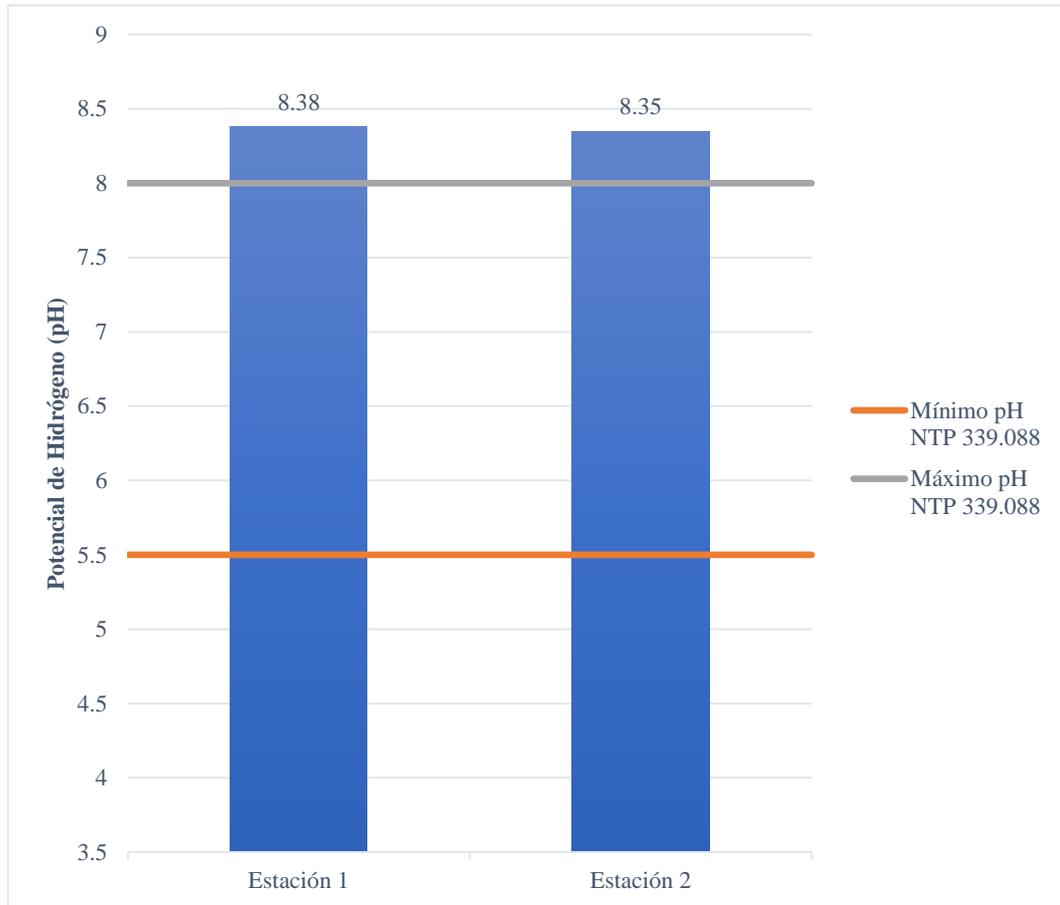


Figura 17. Parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 17 se puede observar que el rango establecido del parámetro potencial de hidrógeno (pH) según la NTP 339.088 es de 5.5 a 8, siendo este rango en el que debe encontrarse el pH para aguas no potables para uso de elaboración de concreto, pero si apreciamos las muestras obtenidas de la Estación 1 y Estación 2, el valor de pH sobrepasa el límite superior del rango establecido, siendo los valores hallados de 8.38 y 8.35 respectivamente, siendo el valor de 7 de pH un valor neutro y mientras más se aleje de este correspondería a un pH más alcalino o básico, siendo considerado para el agua dulce, un pH con un valor de 6.5 a 8.5 para la protección de la mayoría de los organismos.

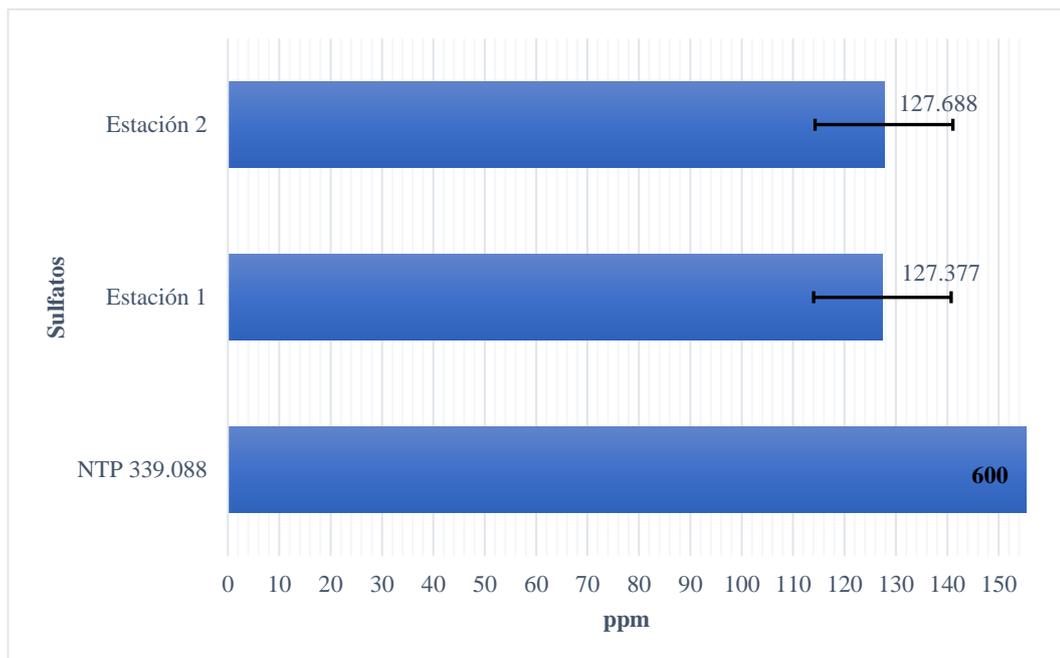


Figura 18. Parámetro Sulfatos NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 18 se muestra el parámetro Sulfatos que según NTP 339.088 debe tener un valor de 600 ppm para aguas no potables utilizadas en la elaboración del concreto, así mismo se aprecia que los valores alcanzados por las muestras obtenidas en la Estación 1 y Estación 2 corresponde a 127.377 y 127.688 respectivamente, ambos con valores de incertidumbre que oscilan alrededor de 13; siendo los valores de las muestras muy inferiores al valor requerido en la norma técnica, lo cual no determinaría afectación alguna al concreto, puesto que si se han reportado problemas por el exceso de sulfatos destruyendo irremisiblemente el hormigón.

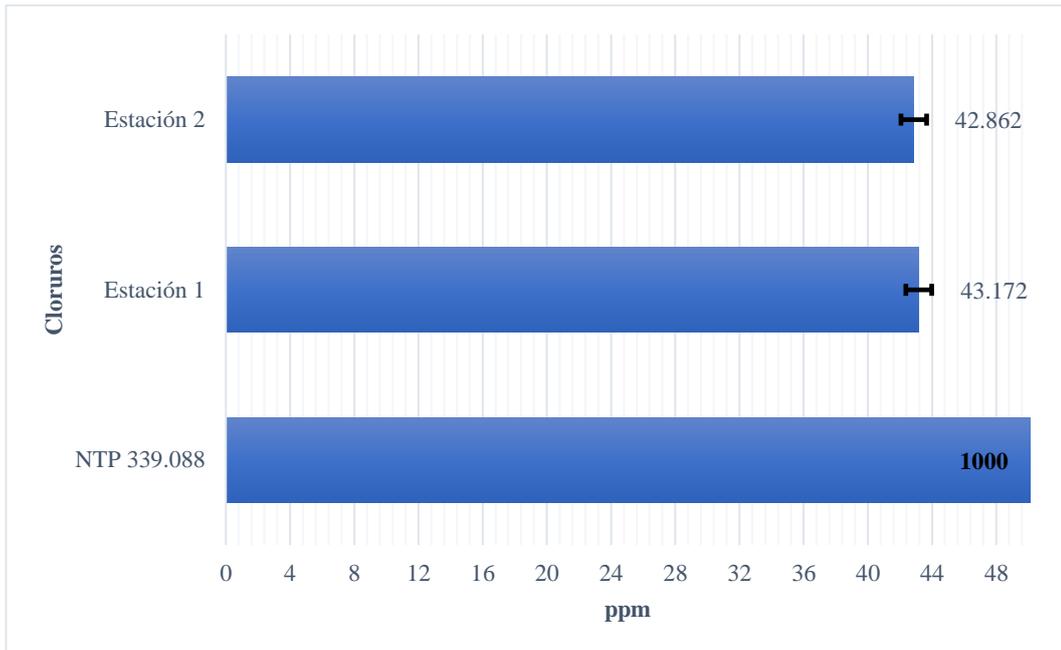


Figura 19. Parámetro Cloruros NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 19 se puede apreciar el valor del parámetro cloruros, el cual debe corresponder a un valor de 1000 ppm para los casos de utilización agua de otras fuentes que no sean potables para elaboración de concreto, y al observar los valores obtenidos por las muestras de agua del río Moquegua en la Estación 1 y Estación 2, se corrobora que estos no alcanzan al valor requerido en la norma técnica y la diferencia entre ellos es en más de 500, siendo una discrepancia considerable, lo que podría indicar una probable alteración si el valor fuese superior al límite indicado en la norma, ocasionando en esos casos problemas de corrosión en el concreto, lo cual se detallara más adelante en el apartado de discusión de resultados.

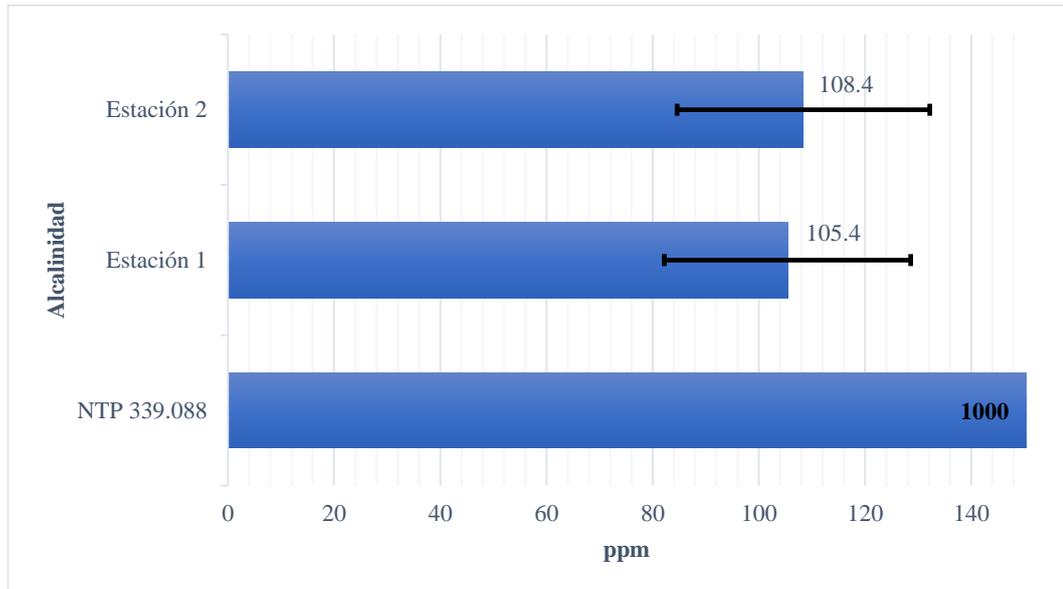


Figura 20. Parámetro Alcalinidad NTP 339.088 y Estación 1 – Estación 2

En la figura 20 se destacan los valores del parámetro Alcalinidad Total, el cual debe ascender a 1000 ppm según la NTP 339.088 para el uso de aguas de fuentes no potables en la construcción de concreto, obteniéndose valores de 105.4 para la Estación 1 y 108.4 para la Estación 2, con sus respectivos valores de incertidumbre que oscilan entre 23.2 y 23.8 para cada una; estos valores nos indican una gran diferencia entre las muestras y la NTP 339.088, siendo casi la décima parte el valor de las muestras respecto a la norma técnica, pudiendo considerarse que estos valores tan inferiores no pueden ocasionar ninguna alteración en las propiedades del concreto tras su fabricación con este tipo de agua.

4.1.3.2. Resultados del laboratorio de suelos.

4.1.3.2.1. Análisis de agregados.

Las propiedades físico-mecánicas de los agregados son un apartado importante para el cálculo del diseño de mezcla, las cuales intervendrán en la elaboración del concreto.

A. Agua Potable

Análisis granulométrico ASTM C136/C136M-19

Tabla 9

Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la arena – Agua potable

Tamiz Especificación E11		Análisis Granulométrico ASTM C 136 (arena)				Especificación	
Pulg / N°	mm.	Masa Retenida	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	ASTM C33/C33M-18	
						mín	máx
3 in.	75.000 mm	0.00					
2 1/2 in.	63.000 mm	0.00					
2 in.	50.000 mm	0.00					
1 1/2 in.	37.500 mm	0.00					
1 in.	25.000 mm	0.00					
3/4 in.	19.000 mm	0.00					
1/2 in.	12.500 mm	0.00					
3/8 in.	9.500 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.750 mm	4.11	0.77	0.77	99.20	95	100
N° 8	2.360 mm	99.04	18.66	19.44	80.60	80	100
N° 16	1.180 mm	120.86	22.77	42.21	57.80	50	85
N° 30	0.600 µm	103.21	19.45	61.65	38.30	25	60
N° 50	0.300 µm	89.18	16.80	78.46	21.50	5	30
N° 100	0.150 µm	59.40	11.19	89.65	10.40	0	10
N° 200	0.075 µm	23.34	4.40	94.05	6.00	0	5
Módulo de fineza						2.92	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

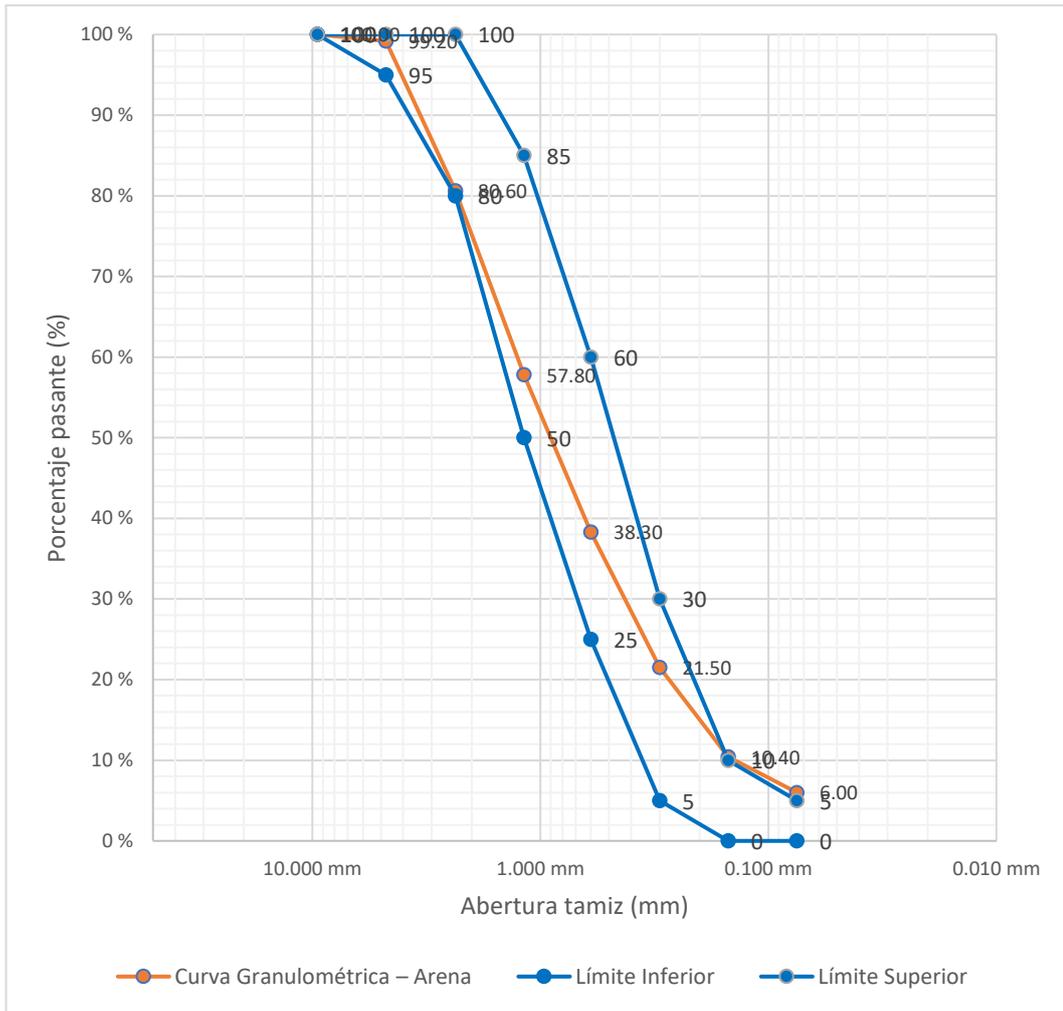


Figura 21. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Arena - Agua potable

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 10*Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la piedra - Agua potable*

Tamiz Especificación		Análisis Granulométrico ASTM C 136 (piedra)					Especificación	
E11		Masa	%	%	% Pasante	ASTM C33/C33M-18		
Pulg / N°	mm.	Retenida	Retenido	Acumulado		Mínimo	Máximo	
3 in.	75.000 mm	0.00						
2 1/2 in.	63.000 mm	0.00						
2 in.	50.000 mm	0.00						
1 1/2 in.	37.500 mm	0.00				100	100	
1 in.	25.000 mm	234.00	2.55	2.55	97.50	90	100	
3/4 in.	19.000 mm	1,775.00	19.34	21.89	78.10	40	85	
1/2 in.	12.500 mm	4,216.00	45.94	67.83	32.20	10	40	
3/8 in.	9.500 mm	1,990.00	21.68	89.52	10.50	0	15	
N° 4	4.750 mm	949.00	10.34	99.86	0.10	0	5	
N° 8	2.360 mm	0.00	0.00	99.86	0.10	0	0	
N° 16	1.180 mm							
N° 30	0.600 μm							
N° 50	0.300 μm							
N° 100	0.150 μm							
N° 200	0.075 μm							
						TMN - 1 in.	TM - 1 1/2 Huso	
						7.13 in.	#56	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

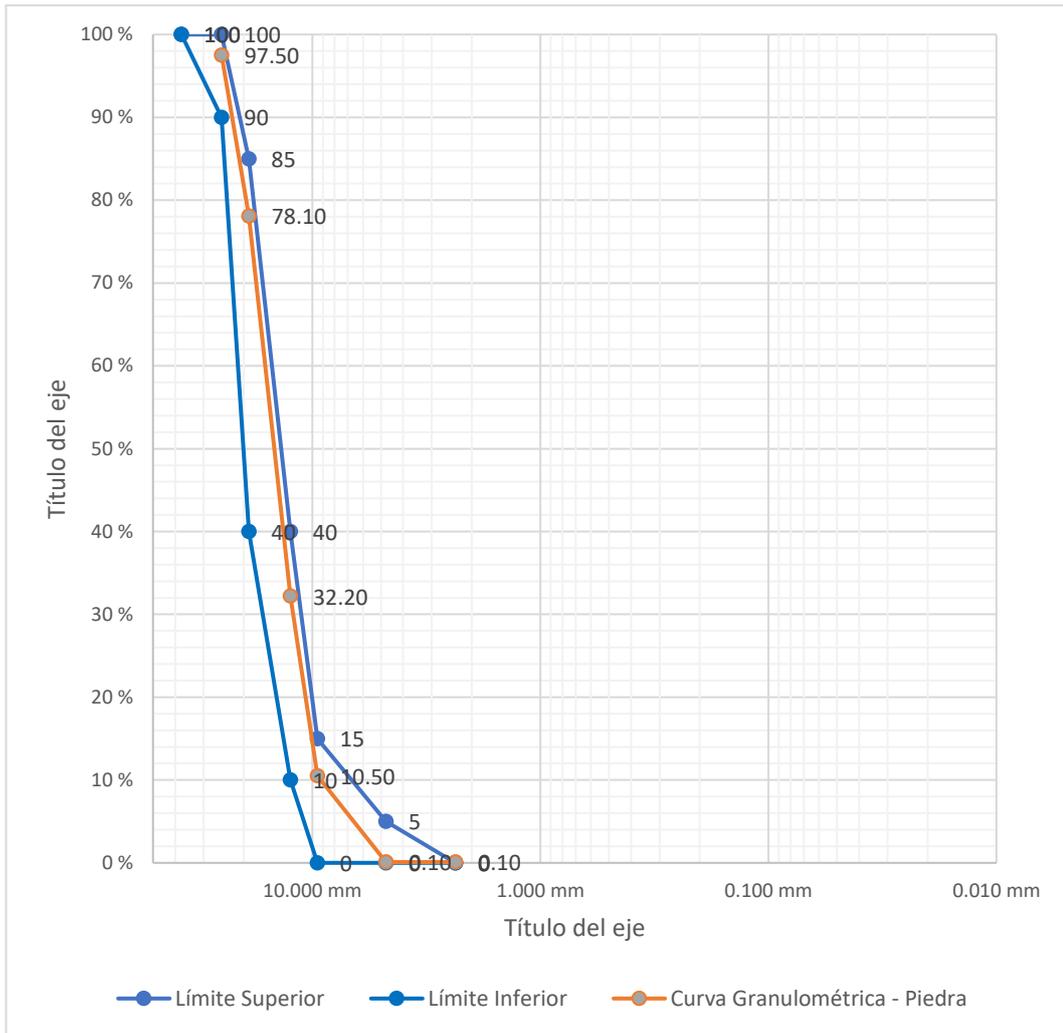


Figura 22. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Piedra - Agua potable

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Gravedad específica y absorción de agregados

Tabla 11

Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Arena (ASTM C 566) - Agua potable

Arena	Und.	N°	N°	Promedio
N° ensayo			1	
Recipiente N°	g	B-10		
Masa del recipiente + muestra húmeda	g	279.73		
Masa del recipiente + muestra seca	g	273.12		
Masa del recipiente	g	25.70		
Masa del agua	g	6.61		
Masa de muestra seca	g	247.42		
% de humedad	%	2.67		2.67

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 12

Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Piedra (ASTM C 566) - Agua potable

Piedra	Und.	N°	N°	Promedio
N° ensayo			1	
Recipiente N°	g	B-11		
Masa del recipiente + muestra húmeda	g	320.41		
Masa del recipiente + muestra seca	g	318.62		
Masa del recipiente	g	23.34		
Masa del agua	g	1.79		
Masa de muestra seca	g	295.28		
% de humedad	%	0.61		0.61

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 13

Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Arena (ASTM C 128) - Agua potable

N° Ensayo	Und.	1	2	Promedio
Masa de muestra sat. Superf.seca (g)	g	150.00		
Masa de muestra seca (g)	g	145.62		
Masa de fiola + h2o al enrase	g	652.82		
Masa de fiola + muestra + h2o al enrase	g	744.68		
Peso específico	g/cm ³	2.58		2.58
Absorción (%)	%	3.01		3.01

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 14*Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Piedra (ASTM C 127) - Agua potable*

N° Ensayo	Und.	1	2	Promedio
Masa de agregado saturado superficial seca	g	3,124.00		
Masa de agregado seca	g	3,048.00		
Masa de agregado + canastilla sumergida	g	1,898.00		
Masa canastilla sumergida	g	0.00		
Masa de agregado saturado sumergido	g	1,898.00		
Temperatura del agua cc)	° C	23.00		
Gravedad especifica aparente	g/cm3	2.65		2.65
Gravedad especifica volumétrica (bulk) sss	g/cm3	2.55		2.548
Gravedad especifica volumétrica (bulk seca)	g/cm3	2.49		2.49
Absorción (%)	%	2.49		2.49

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Peso unitario ASTM C 30

Tabla 15

Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Fino - Agua potable

Peso Unitario de Agregado Fino		Suelto		Compactado	
		1	2	1	2
N° Ensayo	Und.				
Masa del recipiente + muestra seca	kg	9,438.000	9,440.000		
Masa del recipiente	kg	6,417.000	6,417.000		
Volumen muestra	cm3	2,109.000	2,109.000		
Masa de muestra	kg	3,021.000	3,023.000		
Peso unitario	kg/cm3	1.432	1.433		
Promedio	kg/cm3	1.433			

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 16

Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Grueso - Agua potable

Peso Unitario de Agregado Grueso		Suelto		Compactado	
		1	2	1	2
N° Ensayo	Und.				
Masa del recipiente + muestra seca	kg	20,589.000	20,573.000	21,937.000	21,924.000
Masa del recipiente	kg	7,166.000	7,166.000	7,166.000	7,166.000
Volumen muestra	cm3	9,376.740	9,376.740	9,376.740	9,376.740
Masa de muestra	kg	13,423.000	13,407.000	14,771.000	14,758.000
Peso unitario	kg/cm3	1.432	1.430	1.575	1.574
Promedio	kg/cm3	1.431		1.575	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

B. AGUA DE RÍO MOQUEGUA

Análisis granulométrico ASTM C136/C136M-19

Tabla 17

Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la arena – Agua río Moquegua

Tamiz Especificación E11		Análisis Granulométrico ASTM C 136 (arena)				Especificación	
Pulg / N°	mm.	Masa Retenida	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	ASTM C33/C33M-18	
						Mínimo	Máximo
3 in.	75.000 mm	0.00					
2 1/2 in.	63.000 mm	0.00					
2 in.	50.000 mm	0.00					
1 1/2 in.	37.500 mm	0.00					
1 in.	25.000 mm	0.00					
3/4 in.	19.000 mm	0.00					
1/2 in.	12.500 mm	0.00					
3/8 in.	9.500 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.750 mm	4.11	0.77	0.77	99.20	95	100
N° 8	2.360 mm	99.04	18.66	19.44	80.60	80	100
N° 16	1.180 mm	120.86	22.77	42.21	57.80	50	85
N° 30	0.600 µm	103.21	19.45	61.65	38.30	25	60
N° 50	0.300 µm	89.18	16.80	78.46	21.50	5	30
N° 100	0.150 µm	59.40	11.19	89.65	10.40	0	10
N° 200	0.075 µm	23.34	4.40	94.05	6.00	0	5
Módulo de fineza						2.92	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

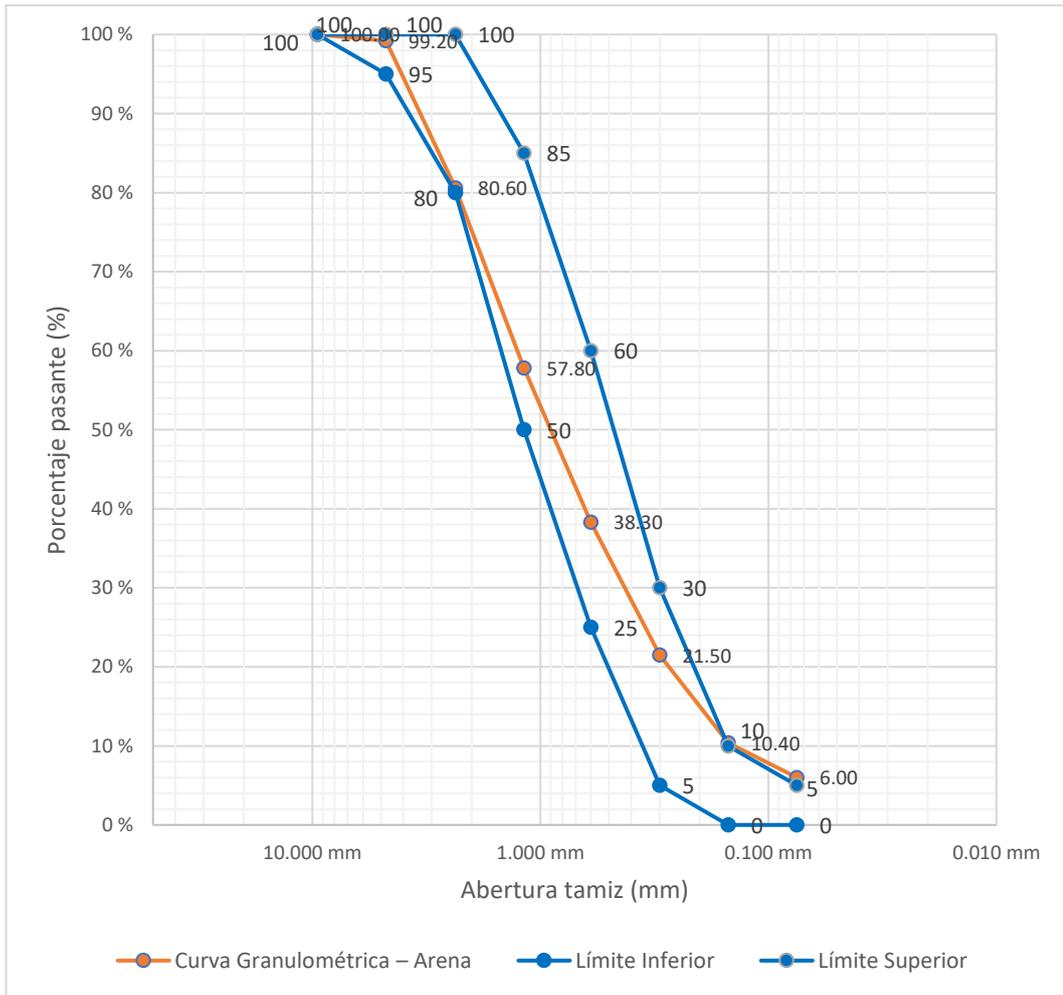


Tabla 18*Cantera Radcom 3: Análisis de la granulometría de la piedra – Agua río Moquegua*

Tamiz Especificación		Análisis Granulométrico ASTM C 136 (piedra)					
E11							
Pulg / N°	mm.	Masa Retenida	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	Especificación	
						ASTM C33/C33M-18	
						Mínimo	Máximo
3 in.	75.000 mm	0.00					
2 1/2 in.	63.000 mm	0.00					
2 in.	50.000 mm	0.00					
1 1/2 in.	37.500 mm	0.00				100	100
1 in.	25.000 mm	234.00	2.55	2.55	97.50	90	100
3/4 in.	19.000 mm	1,775.00	19.34	21.89	78.10	40	85
1/2 in.	12.500 mm	4,216.00	45.94	67.83	32.20	10	40
3/8 in.	9.500 mm	1,990.00	21.68	89.52	10.50	0	15
N° 4	4.750 mm	949.00	10.34	99.86	0.10	0	5
N° 8	2.360 mm	0.00	0.00	99.86	0.10	0	0
N° 16	1.180 mm						
N° 30	0.600 µm						
N° 50	0.300 µm						
N° 100	0.150 µm						
N° 200	0.075 µm						
Módulo de fineza				7.13	TMN - 1 in. TM - 1 1/2 in.		Huso #56

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

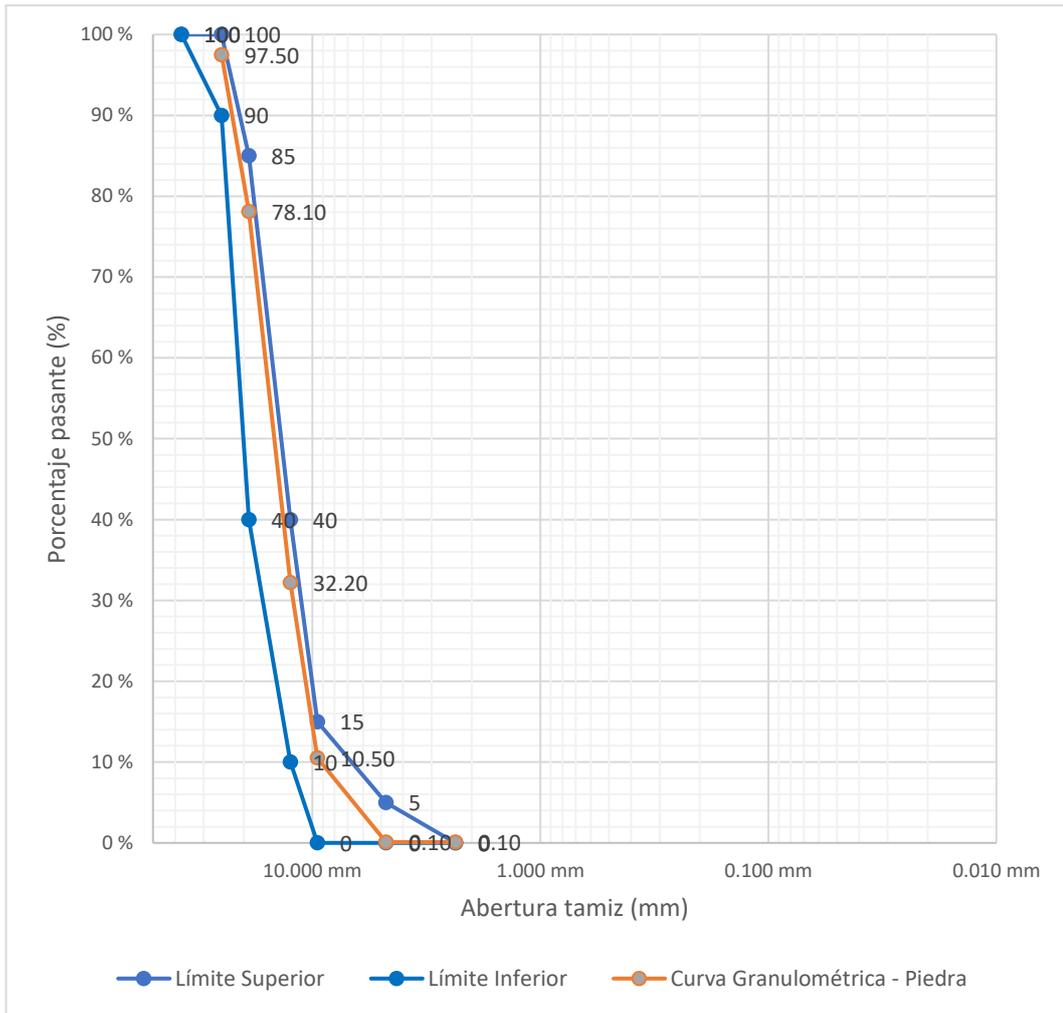


Figura 24. Cantera Radcom 3: Curva granulométrica de Piedra – Agua río Moquegua

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Gravedad específica y absorción de agregados

Tabla 19

Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Arena (ASTM C 566) – Agua río Moquegua

Arena	Und.	N°	N°	Promedio
N° ensayo			1	
Recipiente N°	g	B-10		
Masa del recipiente + muestra húmeda	g	279.73		
Masa del recipiente + muestra seca	g	270.12		
Masa del recipiente	g	25.7		
Masa del agua	g	9.61		
Masa de muestra seca	g	244.42		
% De humedad	%	3.93		3.93

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 20

Cantera Radcom 3: Humedad Natural de la Piedra (ASTM C 566) – Agua río Moquegua

Piedra	Und.	N°	N°	Promedio
N° ensayo			1	
Recipiente N°	g	B-11		
Masa del recipiente + muestra húmeda	g	320.41		
Masa del recipiente + muestra seca	g	318.62		
Masa del recipiente	g	23.34		
Masa del agua	g	1.79		
Masa de muestra seca	g	295.28		
% de humedad	%	0.61		0.61

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 21

Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Arena (ASTM C 128) – Agua río Moquegua

N° Ensayo	Und.	1	2	Promedio
Masa de muestra sat. superf. seca (g)	g	150.00		
Masa de muestra seca (g)	g	145.62		
Masa de fiola + h2o al enrase	g	652.82		
Masa de fiola + muestra + h2o al enrase	g	744.68		
Peso específico	g/cm3	2.58		2.58
Absorción (%)	%	3.01		3.01

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 22*Cantera Radcom 3: Peso Específico de la Piedra (ASTM C 127) – Agua río Moquegua*

N° Ensayo	Und.	1	2	Promedio
Masa de agregado saturado superficial seca	g	3,124.00		
Masa de agregado seca	g	3,048.00		
Masa de agregado + canastilla sumergida	g	1,898.00		
Masa canastilla sumergida	g	0.00		
Masa de agregado saturado sumergido	g	1,898.00		
Temperatura del agua cc)	° C	23.00		
Gravedad especifica aparente	g/cm3	2.65		2.65
Gravedad especifica volumétrica (bulk) sss	g/cm3	2.55		2.548
Gravedad especifica volumétrica (bulk seca)	g/cm3	2.49		2.49
Absorción (%)	%	2.49		2.49

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Peso unitario ASTM C 30

Tabla 23

Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Fino – Agua río Moquegua

	Peso Unitario de Agregado Fino	Suelto		Compactado		
		Und.	1	2	1	2
N° Ensayo	Und.		1	2	1	2
Masa del recipiente + muestra seca	kg	9,438.000	9,440.000			
Masa del recipiente	kg	6,417.000	6,417.000			
Volumen muestra	cm3	2,109.000	2,109.000			
Masa de muestra	kg	3,021.000	3,023.000			
Peso unitario	kg/cm3		1.432	1.433		
Promedio	kg/cm3			1.433		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 24

Cantera Radcom 3: Peso Unitario del Agregado Grueso – Agua río Moquegua

	Peso Unitario de Agregado Grueso	Suelto		Compactado		
		Und.	1	2	1	2
N° Ensayo	Und.		1	2	1	2
Masa del recipiente + muestra seca	kg	20,589.00	20,573.00	21,937.00	21,924.00	
Masa del recipiente	kg	7,166.00	7,166.00	7,166.00	7,166.00	
Volumen muestra	cm3	9,376.74	9,376.74	9,376.74	9,376.74	
Masa de muestra	kg	13,423.00	13,407.00	14,771.00	14,758.00	
Peso unitario	kg/cm3		1.432	1.430	1.575	1.574
Promedio	kg/cm3		1.431		1.575	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

4.1.3.2.2. *Diseño de Mezcla.*

El diseño de mezcla de concreto utilizado en esta investigación fue $F'c = 210$ Kg/cm², mediante el Método ACI – 211.

A. AGUA POTABLE

Tabla 25

Cantera Radcom 3: Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 210.00$ kg/cm² – Agua potable

Constantes físicas	Unidad	Cemento	Agua	Agregado grueso	Agregado fino
Procedencia		YURA IP			
Tamaño Máximo Nominal				1.000 in.	
Peso unitario suelto	kg/cm ³			1.431	1.433
Peso unitario varillado	kg/cm ³			1.575	
Peso específico	g/cm ³	2.800	1,000.000	2.548	2.580
Absorción	%			2.490	3.010
Humedad Natural	%			0.610	2.670
	Consideraciones			Condición Ambiental del Diseño	
Slump en Pulgada		3 in. @ 4 in.			
% de Aire Atrapado		2.000	Temperatura Ambiente	22.1 °C	
Relación agua/cemento		0.585	Temperatura Concreto	23.4 °C	
Vol. De Agregado Grueso		0.608	Slump	3 in.	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 26*Cantera Radcom 3: Materiales para 1m3 / Concreto – Agua potable*

Materiales	Unidad	Masa (kg)	Peso especifico	Volumen abs. (m3)
Cemento	kg	367.520	2,800.000	0.131
Agua	L	215.000	1,000.000	0.215
Aire Atrapado	%			0.020
Piedra	kg	957.300	2,548.120	0.376
Arena	kg	665.640	2,580.000	0.258
Aditivo	kg			
Aditivo	kg			

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 27*Cantera Radcom 3: Corrección por Humedad y Absorción para 1m3 / concreto – Agua potable*

Materiales	Unidad	Masa (kg)	Peso unitario	Volumen (m3)
Cemento	kg	367.520	1,500.000	0.245
Agua	L	235.290	1,000.000	0.235
Piedra	kg	939.270	1,431.000	0.656
Arena	kg	663.380	1,432.500	0.463
Aditivo	kg			
Aditivo	kg			

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 28*Cantera Radcom 3: Dosificación por Bolsa – Agua potable*

Materiales	Proporción en masa	En volumen (pie3)	Por bolsa (kg)
Cemento	1.000	1.000	42.500
Agua	0.640	0.960	27.200
Piedra	2.560	2.680	108.800
Arena	1.810	1.890	76.930
Dosificación de Aditivo por Bol.	Porcentaje	Densidad	Proporción
Aditivo	kg		
Aditivo	kg		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

B. AGUA DE RÍO MOQUEGUA

Tabla 29

Cantera Radcom 3: Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$ – Agua río Moquegua

Constantes físicas	Unidad	Cemento	Agua	Agregado grueso	Agregado fino
Procedencia		YURA IP			
Tamaño Máximo Nominal				1.000 in.	
Peso unitario suelto	kg/cm ³			1.431	1.433
Peso unitario varillado	kg/cm ³			1.575	
Peso específico	g/cm ³	2.800	1,000.000	2.548	2.580
Absorción	%			2.490	3.010
Humedad natural	%			0.610	2.670
Consideraciones			Condición Ambiental del Diseño		
Slump en pulgada		3 in. @ 4 in.			
% de Aire atrapado		2.000	Temperatura Ambiente	22.1 °C	
Relación agua/cemento		0.585	Temperatura Concreto	23.4 °C	
Vol. de Agregado grueso		0.608	Slump	3 in.	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 30

Cantera Radcom 3: Materiales para 1m³ / Concreto – Agua río Moquegua

Materiales	Unidad	Masa (kg)	Peso específico	Volumen abs. (m ³)
Cemento	kg	367.520	2,800.000	0.131
Agua	L	215.000	1,000.000	0.215
Aire atrapado	%			0.020
Piedra	kg	957.300	2,548.120	0.376
Arena	kg	665.640	2,580.000	0.258
Aditivo	kg			
Aditivo	kg			

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 31

Cantera Radcom 3: Corrección por Humedad y Absorción para 1m³ / concreto – Agua río Moquegua

Materiales	Unidad	Masa (kg)	Peso unitario	Volumen (m³)
Cemento	kg	367.52	1,500.000	0.245
Agua	L	226.91	1,000.000	0.227
Piedra	kg	939.27	1,431.000	0.656
Arena	kg	671.76	1,432.500	0.469
Aditivo	kg			
Aditivo	kg			

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Tabla 32

Cantera Radcom 3: Dosificación por Bolsa – Agua río Moquegua

Materiales	Proporción en masa	En volumen (pie³)	Por bolsa (kg)
Cemento	1.000	1.000	42.50
Agua	0.62	0.930	26.35
Piedra	2.56	2.680	108.80
Arena	1.83	1.910	77.78
Dosificación de Aditivo por Bol.	Porcentaje	Densidad	Proporción
Aditivo	kg		
Aditivo	kg		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

4.1.3.2.3. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 33

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 07 días

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (MPa)	$f'c$ (Kg/cm2)	% Resistencia	% Promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0001	210	29-ago-21	05-sep-21	7	115.61	11,788.75	15.20	6.4	64.97	30.94		Tipo 1
2	0002	210	29-ago-21	05-sep-21	7	111.17	11,336.00	15.03	6.3	63.94	30.45		Tipo 3
3	0003	210	29-ago-21	05-sep-21	7	143.56	14,638.81	15.28	7.8	79.88	38.04	34.04	Tipo 2
4	0004	210	29-ago-21	05-sep-21	7	125.69	12,816.61	15.06	7.1	71.95	34.26		Tipo 3
5	0005	210	29-ago-21	05-sep-21	7	138.14	14,086.14	15.29	7.5	76.72	36.53		Tipo 2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se aprecia que, a la edad de 7 días de las probetas de control, el promedio de resistencia en valores porcentuales asciende a 34.04% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 3 y 2.

Tabla 34*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 14 días*

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm2)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0001	210	29-ago-21	12-sep-21	14	161.77	16,495.69	15.25	8.9	90.31	43.01		TIPO 2
2	0002	210	29-ago-21	12-sep-21	14	173.13	17,654.07	15.28	9.5	96.34	45.88		TIPO 2
3	0003	210	29-ago-21	12-sep-21	14	175.10	17,854.95	15.20	9.7	98.40	46.86	45.08	TIPO 1
4	0004	210	29-ago-21	12-sep-21	14	165.92	16,918.86	15.16	9.2	93.73	44.63		TIPO 3
5	0005	210	29-ago-21	12-sep-21	14	167.30	17,059.58	15.16	9.3	94.57	45.03		TIPO 2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se observa que, a la edad de 14 días de las probetas de control, el promedio de resistencia en valores porcentuales alcanza el 45.08% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 2.

Tabla 35*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 28 días*

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm2)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0011	210	29-ago-21	26-sep-21	28	190.17	19,391.63	15.05	10.7	109.01	51.91		TIPO 2
2	0012	210	29-ago-21	26-sep-21	28	205.26	20,930.36	15.14	11.4	116.34	55.40		TIPO 2
3	0013	210	29-ago-21	26-sep-21	28	222.61	22,699.54	15.28	12.2	123.87	58.99	54.88	TIPO 3
4	0014	210	29-ago-21	26-sep-21	28	211.15	21,530.97	15.28	11.5	117.50	55.95		TIPO 3
5	0015	210	29-ago-21	26-sep-21	28	191.75	19,552.75	15.08	10.7	109.48	52.13		TIPO 2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se muestra que, a la edad de 28 días de las probetas de control, el promedio de resistencia en valores porcentuales logra el 54.88% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 2.

Tabla 36*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua potable – Edad 35 días*

Item	Codigo	Diseño	Fecha		Edad	Carga		Diametro	Resist.	$F'c$	%	%	Tipo de
		kg/cm2	Muestreo	Rotura	días	(KN)	(Kg)	(cm)	(mpa)	(kg/cm2)	resistencia	promedio	falla
1	0016	210	29-ago-21	03-oct-21	35	181.67	18,524.89	15.02	10.3	104.55	49.78		TIPO 1
2	0017	210	29-ago-21	03-oct-21	35	256.91	26,197.11	15.26	14.1	143.33	68.25		TIPO 2
3	0018	210	29-ago-21	03-oct-21	35	205.69	20,974.21	15.03	11.6	118.22	56.29	58.06	TIPO 2
4	0019	210	29-ago-21	03-OCÍ-21	35	212.71	21,690.04	15.27	11.6	118.44	56.40		TIPO 1
5	0020	210	29-ago-21	03-oct-21	35	224.31	22,872.89	15.26	12.3	125.06	59.55		TIPO 3

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se aprecia que, a la edad de 35 días de las probetas de control, el promedio de resistencia en valores porcentuales alcanza el 58.06% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 1 y 2.

Tabla 37*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 07 días*

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm ²)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0001	210	27-ago-21	03-sep-21	7	102.22	10,423.37	15.02	5.8	58.87	28.03		TIPO 3
2	0002	210	27-ago-21	03-sep-21	7	115.15	11,741.85	15.33	6.2	63.66	30.31		TIPO 2
3	0003	210	27-ago-21	03-sep-21	7	113.24	11,547.08	15.29	6.2	62.89	29.95	30.84	TIPO 2
4	0004	210	27-ago-21	03-sep-21	7	104.96	10,702.77	15.20	5.8	59.02	28.1		TIPO 2
5	0005	210	27-ago-21	03-sep-21	7	142.90	14,571.51	15.29	7.8	79.41	37.82		TIPO 2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se observa que, a la edad de 7 días de las probetas de estudio, el promedio de resistencia en valores porcentuales se obtiene el 30.04% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 2.

Tabla 38*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 14 días*

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm2)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0001	210	27-ago-21	10-sep-21	14	178.50	18,201.65	15.28	9.7	99.33	47.30		TIPO 1
2	0002	210	27-ago-21	10-sep-21	14	171.85	17,523.54	15.23	9.4	96.25	45.83		TIPO 3
												49.05	
3	0003	210	27-ago-21	10-sep-21	14	184.73	18,836.92	15.06	10.4	105.75	50.36		TIPO 2
4	0004	210	27-ago-21	10-sep-21	14	199.39	20,331.80	15.29	10.9	110.73	52.73		TIPO 3

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se observa que, a la edad de 14 días de las probetas de estudio, el promedio de resistencia en valores porcentuales alcanza el 49.05% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 3.

Tabla 39*Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 28 días*

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm2)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0010	210	27-ago-21	24-sep-21	28	194.95	19,879.05	14.98	11.1	112.80	53.71		TIPO 2
2	0011	210	27-ago-21	24-sep-21	28	218.85	22,316.13	15.15	12.1	123.79	58.95		TIPO 2
3	0012	210	27-ago-21	24-sep-21	28	212.60	21,678.82	15.29	11.6	118.15	56.26	55.15	TIPO 2
4	0013	210	27-ago-21	24-sep-21	28	186.87	19,055.13	14.95	10.7	108.55	51.69		TIPO 3

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se muestra que, a la edad de 28 días de las probetas de estudio, el promedio de resistencia en valores porcentuales logra el 55.15% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 2.

Tabla 40

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con agua de río Moquegua – Edad 35 días

Item	Código	Diseño kg/cm2	Fecha		Edad días	Carga		Diámetro (cm)	Resist. (mpa)	F'c (kg/cm2)	% resistencia	% promedio	Tipo de falla
			Muestreo	Rotura		(KN)	(Kg)						
1	0014	210	27-ago-21	01-oct-21	35	223.28	22,767.86	15.25	12.2	124.65	59.36		TIPO 3
2	0015	210	27-ago-21	01-oct-21	35	244.37	24,918.41	15.25	13.4	136.43	64.97		TIPO 3
3	0016	210	27-ago-21	01-oct-21	35	183.37	18,698.24	15.26	10.0	102.30	48.72	57.68	TIPO 2
4	0017	210	04-sep-21	09-oct-21	35	220.68	22,502.74	15.28	12.0	122.80	58.48		TIPO 2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la tabla se aprecia que, a la edad de 35 días de las probetas de estudio, el promedio de resistencia en valores porcentuales se obtiene el 57.68% de la resistencia total, siendo el tipo de falla que más se presenta en la rotura el tipo 2 y 3.

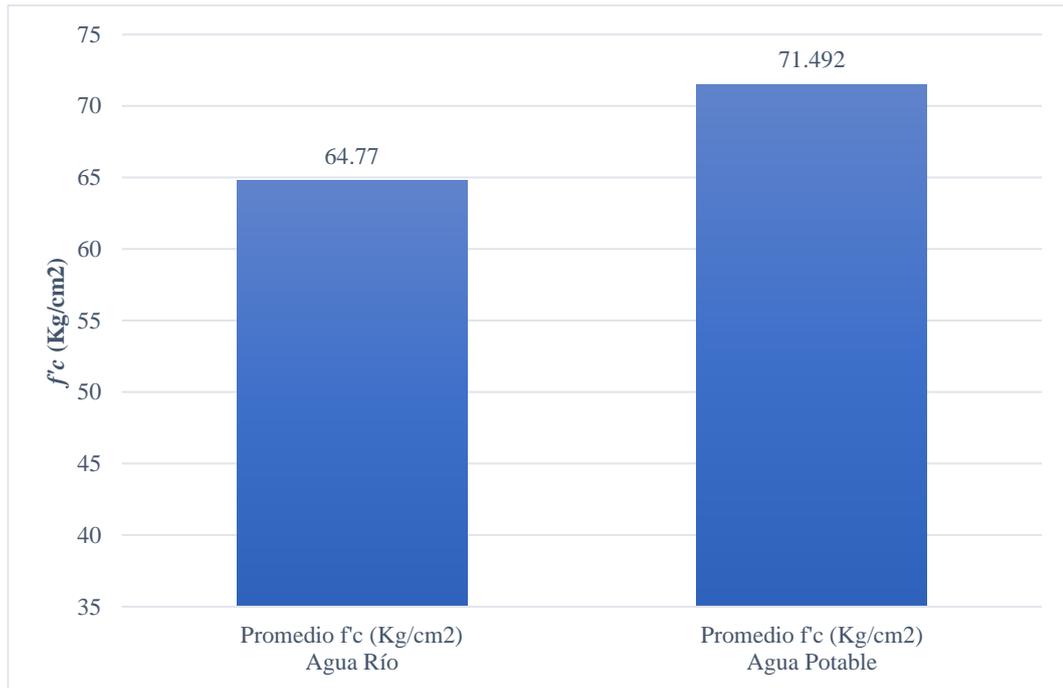


Figura 25. Agua del río Moquegua vs Agua Potable ($f'cr$) – Edad 07 días.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la presente figura se contrastan los promedios de resistencia de las probetas de agua potable contra las probetas de agua de río a la edad de 7 días, observándose que la mayor resistencia alcanzada es para los especímenes de concreto de agua de control alcanzando un valor promedio de 71.492 $f'c$ (Kg/cm²), siendo la diferencia respecto a las probetas de agua de río de 6.722.

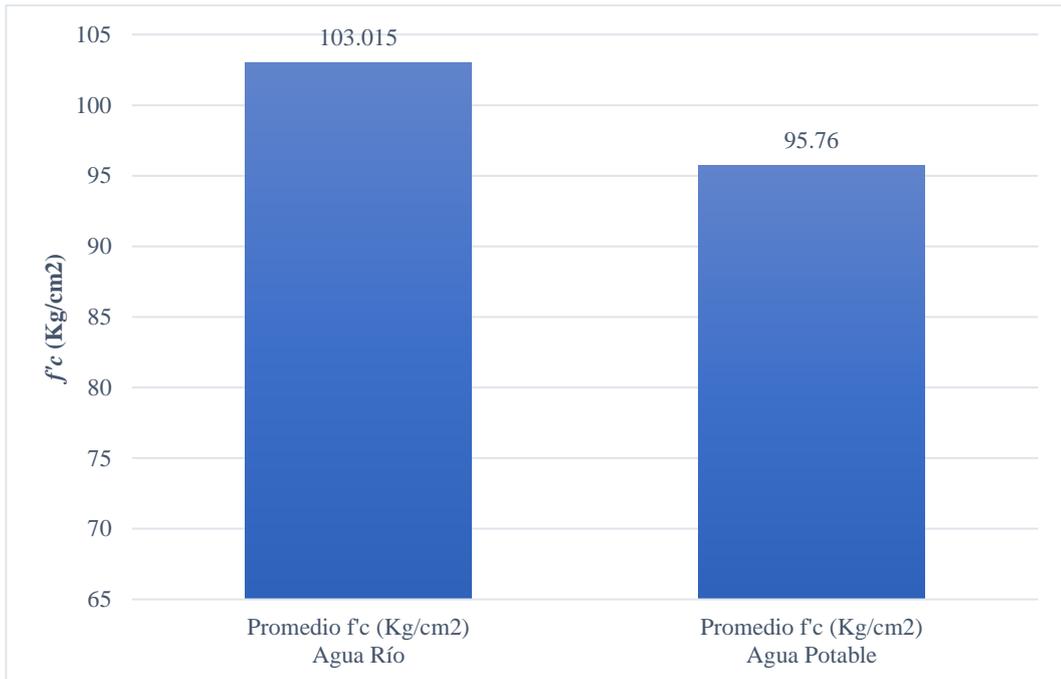


Figura 26. Agua del Río Moquegua vs Agua Potable ($f'cr$) – Edad 14 días.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la figura se comparan los promedios de resistencia de las probetas de agua potable y las probetas de agua de río a la edad de 14 días, apreciándose que la mayor resistencia alcanzada es para los especímenes de concreto de agua de río, alcanzando un valor promedio de 103.015 $f'c$ (Kg/cm²), siendo la diferencia respecto a las probetas de agua de agua potable de 7.255.

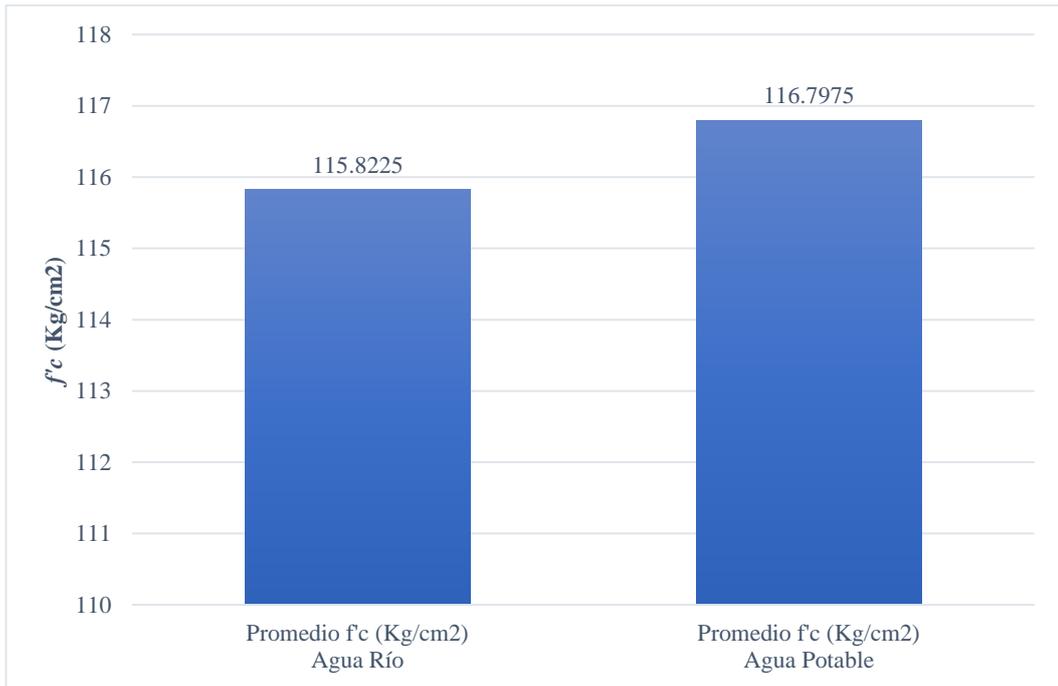


Figura 27. Agua del río Moquegua vs Agua potable ($f'cr$) – Edad 28 días.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la figura que se presenta se contrastan los promedios de resistencia de las probetas de agua potable y las probetas de agua de río a la edad de 28 días, mostrándose que la mayor resistencia alcanzada es para los especímenes de concreto de agua potable, alcanzando un valor promedio de 116.7975 $f'c$ (Kg/cm²), siendo la diferencia respecto a las probetas de agua de río de 0.975.

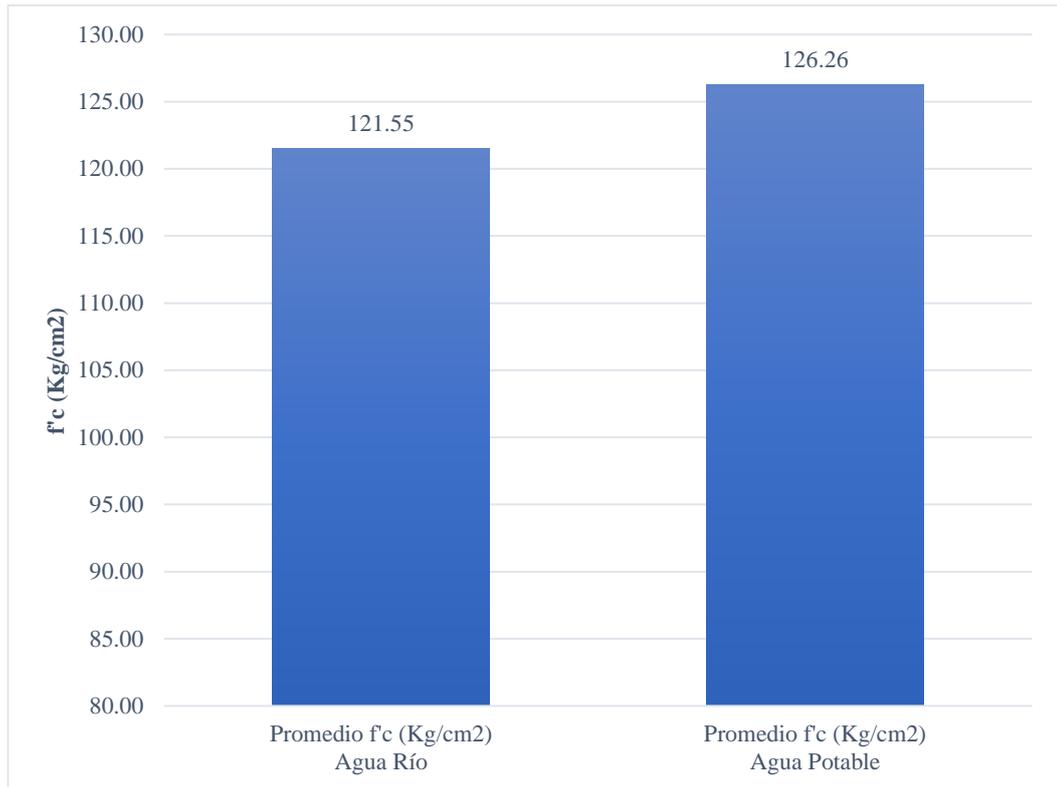


Figura 28. Agua del río Moquegua vs Agua potable ($f'c$) – Edad 35 días.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la figura presentada se comparan los promedios de resistencia de las probetas de agua potable y las probetas de agua de río a la edad de 35 días, observándose que la mayor resistencia alcanzada es para los especímenes de concreto de agua potable, alcanzando un valor promedio de 126.26 $f'c$ (Kg/cm²), siendo la diferencia respecto a las probetas de agua de río de 4.71.

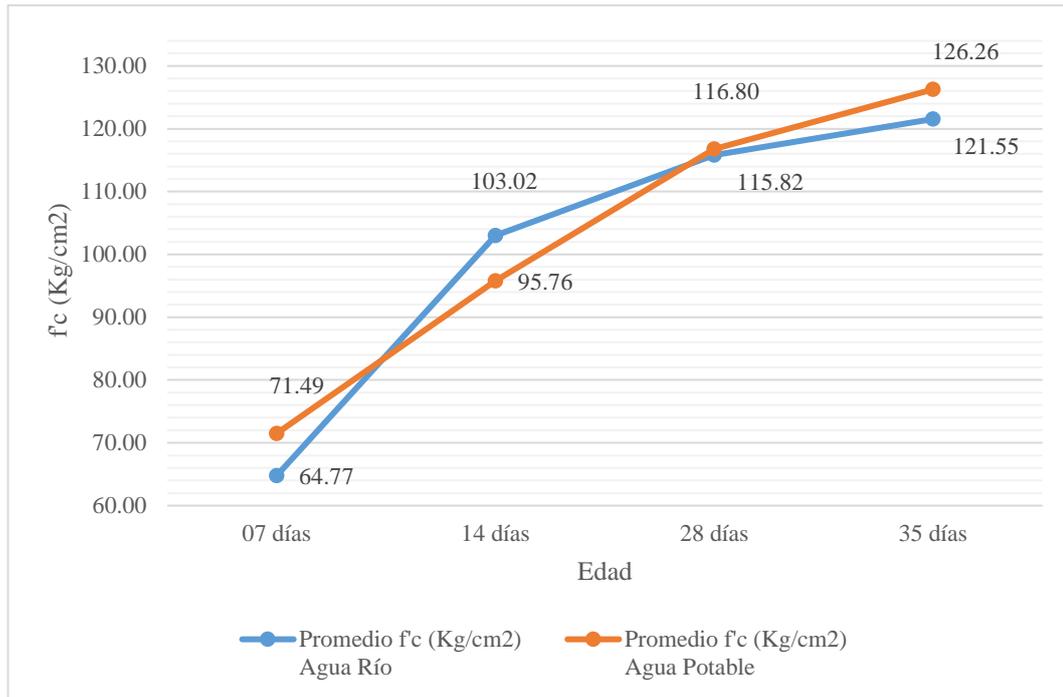


Figura 29. f'_{cr} del Agua de río Moquegua vs Agua potable por edades.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

En la figura se muestran las curvas de resistencias alcanzadas por los especímenes de control y de estudio, observándose que la evolución de ambas curvas es ascendente y progresiva, y que a la edad de 28 días se aprecia un ligero acercamiento de ambas (punto de intersección), posteriormente se alejan en valores de resistencia diferenciados levemente, lo que indica que las resistencias presentadas por ambos grupos de probetas han presentado valores que se han asemejado en todas las edades de rotura, con diferencias mínimas.

4.2. Contrastación de hipótesis

Para el contraste de la hipótesis específica 01:

Se evalúa los parámetros químicos de las muestras obtenidas de agua del río Moquegua y se analiza si estos parámetros tras la aplicación de los ensayos de laboratorio presentan valores que se encuentran dentro de los límites indicados en la norma técnica peruana.

Enunciamos nuestras hipótesis:

H₀: Los parámetros químicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que no se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa técnica peruana.

H₁: Los parámetros químicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa técnica peruana.

Resultados:

Los parámetros químicos ofrecen los siguientes valores para la Estación 1 del agua de río Moquegua.

- Materia orgánica <2.6 ppm
- Residuo insoluble 14 ± 4 ppm
- Sulfatos 127.377 ± 13.383 ppm
- Cloruros 43.172 ± 0.806 ppm
- Alcalinidad 105.4 ± 23.2 ppm

Los parámetros químicos ofrecen los siguientes valores para la Estación 2 del agua de río Moquegua.

- Materia orgánica <2.6 ppm
- Residuo insoluble 11 ± 3 ppm
- Sulfatos 127.688 ± 13.412 ppm
- Cloruros 42.862 ± 0.799 ppm
- Alcalinidad 108.4 ± 23.8 ppm

Interpretación:

Los valores de los parámetros químicos de las muestras de agua del río Moquegua en sus Estaciones 1 y 2 presentan una gran diferencia al ser contrastados con los valores requeridos en la NTP 339.088, ya que se evidencian valores muy inferiores al valor establecido en la norma, con diferencias de más del 100%; por otro lado, y a excepción del resto de parámetros químicos, el parámetro de materia orgánica que corresponde a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, presenta un valor muy cercano al requerido por la norma, siendo el único que se encuentra muy cerca de los límites permitidos.

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de resistencia de la compresión del concreto demuestran que los parámetros químicos al encontrarse por debajo de los límites establecidos en la norma técnica, estarían permitiendo que se logren resistencias relativamente iguales comparadas con las probetas de concreto elaboradas con agua potable, ya que al no haber un exceso en los valores de los parámetros químicos, prácticamente el agua del río Moquegua estaría actuando similar al agua potable en la elaboración del concreto.

Para el contraste de la hipótesis específica 02:

Se evalúa los parámetros físicos de las muestras obtenidas de agua del río Moquegua y se analiza si estos parámetros tras la ejecución de los análisis de laboratorio presentan valores que se encuentran dentro del rango determinado por la norma técnica peruana.

Enunciamos nuestras hipótesis:

H₀: Los parámetros físicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que no se encuentran dentro del rango establecido en la normativa técnica peruana.

H₁: Los parámetros físicos de las muestras del agua del río Moquegua presentan valores que se encuentran dentro del rango establecido en la normativa técnica peruana.

Resultados:

El único parámetro físico analizado fue Potencial de Hidrógeno y muestra los siguientes valores para la Estación 1 y Estación 2 del agua de río Moquegua.

– Estación 1	pH	8.38
– Estación 2	pH	8.35

Interpretación:

Los valores obtenidos del parámetro físico de Potencial de Hidrogeno (pH) de las Estaciones 1 y 2 solo difieren en un mínimo valor, y estos al ser comparados con el valor requerido por la NTP 339.088 el cual determina un rango entre 5 a 8 unidades, muestran que se ha sobrepasado en 4.75% aproximadamente al límite superior, pero esta diferencia no sería muy importante al ser mínima, y al aun conservarse un nivel

alcalino muy bajo de las muestras, no alejándose demasiado del rango establecido en la norma.

Por otro lado, los resultados del análisis de la resistencia de compresión al concreto aplicado a las probetas de estudio, mostro un nivel de resistencia similar al presentado por las probetas elaboradas con agua potable, siendo ello un indicativo de que el parámetro físico de Potencial de Hidrógeno del agua del río Moquegua, incluso al estar una decimas mínimas por encima del límite de la NTP 339.088, es decir, el valor de pH de las muestras de agua de río se encuentran alrededor del rango establecido por esta norma, no alterando así la resistencia alcanzada por las probetas de concreto.

Para el contraste de la hipótesis específica 03:

Se analiza si el agua del río Moquegua utilizada para la construcción de las probetas de concreto podría incrementar en valor la resistencia a la compresión de dicho concreto al aplicar este ensayo, ello en relación a la comparación con los valores de la resistencia a la compresión de probetas elaboradas con agua potable, y siguiendo las indicaciones de la normativa al respecto.

Enunciamos nuestras hipótesis:

H₀: El efecto que genera el agua del río Moquegua no aumenta la magnitud en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua.

H₁: El efecto que genera el agua del río Moquegua aumenta la magnitud en la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de edificaciones en la ciudad de Moquegua.

Resultados:

Los valores del ensayo de resistencia a la compresión se obtuvieron de 34 probetas de concreto con la utilización de agua del río Moquegua y agua potable, divididas por edades de 7 días, 14 días, 28 días y 35 días.

Tabla 41

Detalle de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Edad	Agua río Moquegua		Agua potable		% Resistencia de probetas de agua río frente a probetas de agua potable
	Probetas f'c (Kg/cm ²)	Promedio f'c (Kg/cm ²)	Probetas f'c (Kg/cm ²)	Promedio f'c (Kg/cm ²)	
07 días	58.87		64.97		90.60
	63.66		63.94		
	62.89	64.77	79.88	71.49	
	59.02		71.95		
	79.41		76.72		
14 días	99.33		96.34		107.58
	96.25		98.4		
	105.75	103.02	93.73	95.76	
	110.73		94.57		
28 días	112.8		116.34		99.17
	123.79		123.87		
	118.15	115.82	117.5	116.80	
	108.55		109.48		
35 días	124.65		143.33		96.26
	136.43		118.22		
	102.3	121.55	118.44	126.2625	
	122.8		125.06		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L., 2021

Interpretación:

Se evidencia que los valores de resistencia a la compresión del concreto de las probetas de agua del río Moquegua sometidas a este ensayo fueron muy próximos a los valores de las probetas de agua potable, obteniéndose finalmente en los morteros preparados con agua de río resistencias a la compresión mayores al 90% de las muestras similares elaboradas con agua potable en todas las edades.

Por lo tanto, se aprueba la H_0 , demostrando que el agua del río Moquegua incrementa los valores de resistencia a la compresión del concreto, siendo sus valores similares a los especímenes de agua potable y sobrepasando el 90% de resistencia a la compresión.

4.3. Discusión de resultados

La discusión de resultados será abordada en dos aspectos, en primer lugar, se describirá sobre los resultados obtenidos en el análisis físico-químico del agua del río Moquegua, posteriormente se dará la argumentación de los resultados arrojados por el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

4.3.1. Análisis físico-químico: Agua del río Moquegua

La investigación implicó realizar un análisis de las propiedades físico-químicas del agua del río Moquegua, para lo cual se obtuvieron muestras (Estación 1 y Estación 2) que fueron sometidos a los ensayos correspondientes, según los requerimientos de parámetros tanto físicos (pH) como químicos (materia orgánica, residuo insoluble, sulfatos, cloruros, alcalinidad) de la NTP 339.088 para el uso de aguas no potables en la elaboración de concreto, así como bibliografías afines.

En los resultados presentados por el laboratorio, se observó que los valores de los parámetros físico-químicos de las muestras de agua se encontraban dentro de los límites permisibles de la norma técnica y literatura respectiva, siendo la cantidad de estas sustancias o elementos perjudiciales para el concreto muy mínimas, con diferencias de más del 100% en algunos casos, en referencia a la normativa, solo el parámetro físico de Potencial de Hidrógeno el único indicador que sobrepasó el límite superior de la norma, pero solo con una diferencia reducida. Estos valores, son el indicativo de que el agua del río de Moquegua se encuentra en condiciones óptimas para ser utilizada para la construcción de concreto.

Analizando los valores del análisis físico-químico de manera disgregada, indican que en primer lugar la materia orgánica al ser menor de 3 ppm representa que no existe contaminación del agua del río Moquegua (>2.6 DBO), ya que no

contiene materia orgánica en gran concentración, es decir no hay presencia elevada de microorganismos que la degraden, consumiendo el oxígeno presente y por ende matando la fauna acuática de esta agua; así mismo, desde el aspecto sanitario, aguas con gran contenido de materia orgánica sirven de cultivo para organismos patógenos, siendo un foco de infección. El residuo insoluble determinado por los Solidos Totales en Suspensión (TSS) representa también un indicativo de contaminación del agua (turbidez del agua), evidenciando el valor obtenido en las muestras de agua que no hay indicio de contaminación (14 ± 4 ppm y 11 ± 3 ppm TSS) siendo el límite permitido 5000 ppm; este parámetro en altas concentraciones impide la transferencia de oxígeno a ciertos microorganismos, ocasionándoles la muerte, así como disminuye el efecto de los desinfectantes, y promueve el traslado de microorganismos contaminantes que quedan atrapados en los sólidos. Por otro lado, tenemos el parámetro de alcalinidad, determinado por su denominación de alcalinidad total, el cual es la capacidad del agua de neutralizar ácidos, y es la suma de todas las bases titulables, es decir, los aniones que forman parte de la alcalinidad total: los bicarbonatos (HCO_3^-), los carbonatos (CO_3^{2-}) y los hidróxidos (OH^-), de todos ellos el más común es el ion bicarbonato; analizando los valores de las muestras de este parámetro se obtiene 105.4 ± 23.2 ppm y 108.4 ± 23.8 ppm en las estaciones 1 y 2 respectivamente, lo que indica un valor muy inferior a lo establecido en la NTP 339.088 de 1000 ppm, siendo ello evidencia verídica de que este parámetro no afectaría la resistencia a la compresión del concreto, puesto que cabe detallar que valores elevados al permitido pueden ocasionar alteraciones en algunas características del concreto, por ejemplo el carbonato de sodio, puede causar muy rápidos fraguados, mientras que los bicarbonatos pueden también

acelerar o retardar los tiempos de fraguado, y además en altas concentraciones, estas sales pueden reducir la resistencia del concreto, es por eso que, cuando la suma de estas sales exceda de 1000 ppm que indica la normativa, deben efectuarse los ensayos sobre sus efectos en los tiempos de fraguado y relación de resistencia a 28 días. Otro parámetro a analizar es el Potencial de Hidrógeno (pH), que según las normativas de diferentes países se indican valores límites de 6 a 8, siendo la normativa peruana más específica en este parámetro y detallando que el valor del agua para mezclado de origen no potable debe encontrarse en el rango de 5.5 a 8, por lo que tras analizar las muestras de agua se obtuvieron valores que alcanzan los 8.38 y 8.35 de pH en las estaciones 1 y 2 respectivamente, podemos indicar nuevamente que el valor de este parámetro sobrepasa en algunas décimas el límite superior establecido por la norma, pero que al ser la diferencia mínima, esta no afecta las propiedades físicas del agua en estudio, y ello se comprueba porque no hubo alteraciones en la resistencia a la compresión del concreto, lo que nos indica que si es útil para su uso; es necesario recordar que aguas con valores elevados de Potencial de Hidrógeno (12 pH) pueden generar corrosión de las estructuras de refuerzo del concreto, presentando en un futuro grietas en la estructura del concreto y reduciendo su vida útil, así mismo, agua con pH menores de 3, por su acidez pueden generar problemas en su utilización y manejo, por lo que deben ser evitadas en todo momento. Finalmente tenemos los parámetros de aniones, siendo el cloruro el parámetro que no debe sobrepasar los 1000 ppm según la NTP 339.088, obteniéndose en las estaciones 1 y 2 de muestras del agua de estudio valores de 43.172 ± 0.806 ppm y 42.862 ± 0.799 ppm respectivamente, siendo valores muy inferiores al límite máximo permitido, en consecuencia, el nivel de cloruro del agua

de río no altera las propiedades del concreto, especialmente el indicador de la resistencia a la compresión, y es que la cantidad de cloruros en aguas naturales suele ser al redor de 50 a 60 ppm, es por ello el valor alcanzado en el río de Moquegua; pero en el tema de uso de aguas no potables para la elaboración del concreto, elevadas concentraciones de cloruros afectan directamente a la estructura de refuerzo como el hierro, el cual puede sufrir corrosión a largo plazo, lo que se conoce como el fenómeno de “Ataque por cloruros en el concreto”, el cual puede deberse a la presencia considerable de cloruros en determinados momentos, siendo el proceso de mezclado uno de ellos y el de este presente estudio, por lo que debe considerarse respetar los valores determinados en la normativa. El parámetro sulfatos, por su lado, según la NTP 339.088 no debe exceder los 600 ppm para considerarse apta el agua para mezclado, los valores de las estaciones 1 y 2 ascienden a 127.377 ± 13.383 ppm y 127.688 ± 13.412 ppm, lo que refleja valores muy alejados del límite permitido, considerándose obviamente adecuada el agua de río para la construcción de concreto, ya que, valores elevados de sulfatos, alteran la característica de resistencia a la compresión, siendo sulfatos en altas concentraciones, los que atacan al concreto formando compuestos expansivos causantes de fisuración, por lo cual, deben también respetarse los valores límites determinados por la norma. Por lo tanto, el agua del río Moquegua es considerada apta y apropiada para su uso en la elaboración del concreto, ya que sus propiedades físico-químicas, representadas en los valores obtenidos tras su análisis, revelan que casi todos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTP 339.088 y literatura similar, solo el parámetro de Potencial de Hidrógeno supera una décima el límite máximo, considerándose aun con características adecuadas de basicidad,

lo que le otorga propiedades aceptables para su uso, posteriormente detallaremos como la resistencia a la compresión del concreto no se ve alterada por el agua de estudio en la fabricación de los especímenes de concreto.

Ahora bien, resultados diferentes presentaron en su tesis Tello y Tello (2018) quienes realizaron el análisis de agua del agua de pozo IRHS-42 del balneario los Palos, de la ciudad de Tacna, en el cual los valores encontrados fueron: residuo insoluble 2580 ppm, pH 7.85, sulfatos 422.87 ppm, cloruros 503.63 ppm y carbonatos 5.73 ppm; lo cual evidencia una clara discrepancia con los valores obtenidos en nuestro estudio, lo que probablemente se pueda explicar porque la investigación de estos autores fue ejecutada con agua de pozo ubicado en el balneario localizado muy cerca al litoral, lo que produciría diferencias en los parámetros físico-químicos respecto al agua de río, aun así el agua de este estudio en mención presento valores dentro de los permitidos por la normativa, al igual que nuestra investigación. Por otra parte, Valera (2018) en su estudio encontró valores similares en algunos parámetros respecto a la presente investigación, presentando como resultados los siguientes: Materia orgánica 0.68 ppm, residuo insoluble 17.8 ppm, pH 7.36, sulfatos 218.88 ppm, cloruros 89.815 ppm y alcalinidad 78.36 ppm, siendo la muestra de agua extraída del río Shilcayo en Tarapoto, de la región de Loreto, podemos indicar que al ser el agua de estudio una fuente de agua natural de río al igual que nuestra investigación, se podría explicar el porqué de los valores encontrados, que aunque no son iguales, las diferencias no son considerables, por lo tanto, el estudio de este autor también logra evidenciar que el agua de su investigación es apta según la normativa técnica peruana, resultado que si es semejante al obtenido en el presente estudio.

4.3.2. Resistencia a la compresión del concreto

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión para analizar y verificar si el agua del río Moquegua es técnicamente óptima para su uso en la elaboración del concreto, para lo cual se desarrolló el diseño de mezcla equivalente a $f'c=210$ kg/cm^2 , aplicándose para ello todos los procedimientos estipulados en la normativa, como el análisis de agregados obtenidos de la Cantera Radcom 3, materiales que fueron sometidos a ensayos para determinar sus propiedades físico-mecánicas, y finalmente determinar las cantidades y proporciones adecuadas para la construcción del concreto. Para el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron especímenes de probetas de concreto, construyendo 17 probetas con agua potable, que servirían como especímenes de control, y 17 probetas con agua del río Moquegua, en ambos grupos, para la ejecución del ensayo, se separaron las probetas por edades que fueron de: 7 días, 14 días, 28 días y 35 días, según la indicación de las normativas. Posteriormente se ejecutó el ensayo mediante el rompimiento de las probetas, recalando que los resultados obtenidos de la rotura de las probetas elaboradas con agua potable proporcionarían los valores de referencia de resistencia alcanzada por los especímenes para ser comparadas con el otro grupo de estudio. Siguiendo con las indicaciones de la NTP 339.088 y literaturas similares, se establece que los valores de resistencia de las probetas construidas con aguas no potables deben alcanzar al menos el 90% de la resistencia obtenida por las probetas de control de agua potable, específicamente a la edad de 7 y 28 días, pero optaremos por aplicar esta indicación en todas las edades de estudio.

En primer lugar, a la edad de 7 días, las probetas de agua potable alcanzaron valores de resistencia en promedio de $f'c=71.49 \text{ kg/cm}^2$, lo cual representa el 100% de resistencia lograda por las probetas de control a esta edad, por lo tanto, la resistencia obtenida por las probetas de agua de río debe ser por lo menos el 90% de la resistencia descrita, siendo ello $f'c=64.34 \text{ kg/cm}^2$ lo equivalente a este porcentaje. En los resultados obtenidos, se puede observar que a la edad de 7 días las probetas de agua de río lograron una resistencia promedio de $f'c=64.77 \text{ kg/cm}^2$, lo que representa un 90.60 % de la resistencia alcanzada por las probetas de control, sobrepasando lo indicado por la NTP 339.088 y demás en incluso 0.6%.

A la edad de 14 días, las probetas elaboradas con agua potable obtuvieron un valor de resistencia promedio de $f'c=95.76 \text{ kg/cm}^2$, valor que equivale al 100% de la resistencia alcanzada por estos especímenes de control a esta edad, por ende, la resistencia lograda por las probetas de estudio debe ser igualmente a lo ya mencionado, si quiera el 90% de la resistencia de las probetas de control, lo que significa una resistencia de $f'c=86.18 \text{ kg/cm}^2$; en consecuencia, a la edad de 14 días, las probetas de agua de río lograron una resistencia promedio de $f'c=103.02 \text{ kg/cm}^2$, lo que representa el 107.58% de la resistencia alcanzada por las probetas de control, sobrepasando lo indicado por la NTP 339.088 e inclusive supera el valor de la resistencia total en un 7.58%.

A los 28 días de edad, las probetas de control lograron una resistencia promedio de $f'c=116.80 \text{ kg/cm}^2$, lo que representa el 100% de la resistencia alcanzada por estas probetas a esta edad, en tanto, al aplicar las indicaciones de la normativa, se tiene que las probetas de agua de río deben obtener valores de resistencia que alcancen por lo menos al 90% de las probetas de agua potable, lo

que equivale a una resistencia de $f'c=105.12 \text{ kg/cm}^2$; por lo tanto, a la edad de 28 días, las probetas de estudio lograron una resistencia promedio de $f'c=115.82 \text{ kg/cm}^2$, lo que equivale al 99.17% de resistencia lograda por las probetas de control, superando lo establecido por la norma técnica en un 9.17%.

Finalmente, a las edad de 35 días, las probetas de agua potable presentaron una resistencia promedio de $f'c=126.26 \text{ kg/cm}^2$, lo que equivale al 100% de la resistencia obtenida por las probetas de control a esta edad, con la aplicación de las indicaciones de la NTP 339.088 se afirma que las probetas de aguas no potables deben alcanzar resistencias como mínimo del 90% de las probetas de control, lo que se traduce en una resistencia de $f'c=113.64 \text{ kg/cm}^2$; en este sentido, a la edad de 35 días, las probetas de agua de río lograron una resistencia promedio de $f'c=121.55 \text{ kg/cm}^2$, lo que significa un valor de 96.26% de la resistencia alcanzada por las probetas de control, sobrepasando lo requerido por la normativa en un 6.26%.

De lo detallado en estos párrafos, podemos indicar que el agua del río Moquegua no altera la propiedad de resistencia a la compresión del concreto, ya que en todas las etapas del ensayo de rotura de probetas se obtuvo resistencias superiores al 90% de la resistencia alcanzada por las probetas de control, según lo requerido en la normativa y literatura al respecto, ello evidencia que el agua de estudio, al presentar características físico-químicas dentro de los rangos determinados por la NTP 339.088 (con una ligera excepción del parámetro pH que presenta una diferencia muy mínima), influyen de manera positiva en las resistencias obtenidas, siendo por lo tanto, determinante los valores presentados de estos parámetros de estudio del agua.

Resultados similares obtuvo Valera (2018) en su estudio, en el cual encontró en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto en las probetas construidas con agua del río Shilcayo resistencias que alcanzan y sobrepasan el 90% de la resistencia mínima requerida según la normativa referente a las probetas de control, siendo estos valores logrados de 91.29 a la edad de 7 días, 92.59% a los 14 días y 93.82 a los 28 días, este autor no realizó la rotura de probetas a la edad de 35 días; pero evidenciando sus resultados vemos que igualmente a nuestro estudio, el agua de río es apta para su uso en la elaboración del concreto, lo que puede explicarse por la composición del agua de estudio en ambos casos, estando los valores de los parámetros físico-químicos dentro de lo establecido por la norma.

Por otro lado, estudios como el de Lozano (2017) obtuvo resultados similares, pero con ciertas diferencias, puesto que esta investigación trabajó con muestras de agua del río Cumbaza de tres localidades: San Antonio, Morales y Juan Guerra, presentando en el ensayo de resistencia a la compresión resultados con resistencias que alcanzaron al menos el 90% de la resistencia de las probetas de control solo en dos de estas localidades: San Antonio y Morales, con valores de 99.04% para la edad de 7 días y 96.22% a los 28 días para la primera localidad, y de 93.77% a los 7 días y 92.86% a los 28 días para la segunda localidad; cabe resaltar que este autor no incluyó el ensayo para edades de 14 y 35 días. Siguiendo con sus resultados, esta investigación encontró que en la localidad de Juan Guerra las resistencias no lograron el 90% de resistencia mínima requerida de las probetas de control como lo estipula normativa, hallando valores de 79.08% a los 7 días y 84.06 a los 28 días, concluyendo que el agua de esta zona del río Cumbaza no es apta para la elaboración del concreto, mientras que en las otras localidades el agua

si es adecuada para su uso en el concreto, coincidiendo con nuestros resultados obtenidos, esto puede explicarse, como ya se ha mencionado porque los valores de las propiedades físico-químicas están dentro de los rangos determinados en la norma, no cumpliéndose ello en el caso de la zona de Juan Guerra del estudio de Lozano.

Los resultados del estudio de Cruzado y Li (2015) evidencian resultados diferentes al nuestro, pues se encontró resistencias para los tipos de aguas no potables usadas en la investigación superiores al 90% de la resistencia alcanzada por los especímenes de control de agua potable en la mayoría de grupos de edad estudiados, se debe mencionar que en este estudio se utilizaron dos tipos de agua para estudio, uno proveniente del río Moche, y el otro de origen subterráneo. Tras la realización del ensayo de resistencia a la compresión del concreto, las probetas de agua de río lograron resistencias de 102.22% a los 7 días, 93.99% a los 14 días y 82.24% a los 28 días en comparación con las resistencias alcanzadas por las probetas de control, mientras que las probetas de agua subterránea presentaron resistencias de 108.95% a los 7 días, 104.36% a los 14 días y 105.09% a los 28 días, con estos resultados se evidencia que el agua de origen subterránea si es apta para la elaboración del concreto ya que inclusive supera el 90% de la resistencia mínima requerida respecto a las probetas de control, por otro lado el agua del río Moche no sería apta ni adecuada para su uso para el concreto, ya que a pesar de lograr resistencias de al menos 90% referente a la resistencia de los especímenes de control a la edad de 7 y 14 días, a la edad de 28 días este requisito no se cumple, por lo tanto, este estudio muestra resultados diferentes a los encontrados por la presente investigación, ello puede deberse a que en el estudio de Cruzado y Li, no se

incluyeron en los análisis de laboratorio de parámetros físico-químicos del agua de río algunos parámetros importantes que se encuentran en la NTP 339.088 como materia orgánica (DBO5) y alcalinidad (alcalinidad total), además de que el parámetro de residuo insoluble no fue realizado el indicador correspondiente que debió ser Solidos Totales en Suspensión (TTS), sino que en vez de él, se consideró el indicador Solidos Totales Disueltos que mide otra información; por lo tanto se evidencia que al faltarle datos en el análisis físico-químico no se puede afirmar al 100% que la baja resistencia a la compresión obtenida sea a causa del agua de mezcla, pero si es probable que estos parámetros faltantes hayan podido presentar valores que quizás estuvieran en el rango que establece la norma, a diferencia de nuestro estudio, en el que si se tiene toda la información para hacer el análisis de este aspecto, comprobándose que su composición físico-química es acorde a lo estipulado en la normativa, salvo una ligera diferencia en el pH, que parece no tener influencia negativa, ya que las resistencias alcanzadas en nuestra investigación por las probetas de agua de río si alcanzan el 90% de la resistencia requerida referente a las probetas de control.

Por último, el estudio de Tello y Tello (2018) obtiene resultados casi similares al nuestro, evidenciándose en uno de los grupos de estudio resistencias que alcanzaron el 90% de la resistencia de las probetas de agua potable, no sucediendo lo mismo en el otro grupo de estudio, donde las resistencias fueron menores a las requeridas. Estos autores utilizaron dos grupos de estudio para el agua de origen no potable (agua de pozo), uno con cemento HE y otro con cemento HS, estos grupos fueron comparados con el grupo de control (agua potable). En la realización del ensayo de resistencia a la compresión se encontraron valores de

resistencia para las probetas de agua de pozo + cemento HE 96.81% a la edad de 7 días, 98.81% a los 14 días y 91.70% a los 28 días, logrando sobrepasar el 90% de la resistencia de las probetas de control según la norma; en las probetas de agua de pozo + cemento HS se halló valores de 68.55% a los 7 días, 76.55% a los 14 días y 76.80% a los 28 días, no alcanzando la resistencia mínima del 90% de las probetas de control, ello evidencia que el agua de pozo si bien presento valores de los parámetros físico-químicos dentro de los límites requeridos en la normativa, el uso de cemento tipo HS afectaría la resistencia a la compresión del concreto disminuyéndola, ya que su grupo homologó obtuvo mejores resultados, y en este estudio debería ahondarse sobre el ensayo con el cemento tipo HS ya que a pesar de ser un cemento especial para contrarrestar las altas concentraciones de sulfatos presentes en la zonas de construcción o de agua subterránea con esta sustancia, aparentemente no ayudaría para mejorar la resistencia en este caso, así mismo no se puede hacer una comparación objetiva con las probetas de control, ya que estas fueron construidas con cemento HE, el cual presenta características de alta resistencia a edades tempranas, por lo tanto, hubiera sido más metodológico hacer un ensayo con probetas de control incluyendo el cemento HS; estos resultados muestran similares en el grupo de probetas de agua de pozo + cemento HE, y diferentes a las probetas de agua de pozo + cemento HS.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Tras la elaboración de los ensayos de laboratorio se pudo comprobar que, el agua del río Moquegua si tiene influencia positiva en la resistencia a la compresión del concreto, puesto que se observó que la resistencia de las probetas de estudio, alcanzaron y sobrepasaron el 90% de la resistencia obtenida por las probetas de control según la NTP 339.088 en todas las edades de rotura.

Segunda. Los valores hallados de los parámetros químicos de las muestras del agua del río de Moquegua se encontraron dentro de los límites máximos permitidos establecidos en la NTP 339.088 y afines, mostrando valores muy alejados de estos rangos.

Tercera. Los valores encontrados de los parámetros físicos de las muestras de agua del río Moquegua se encuentran dentro del rango establecido por la NTP 339 0.88, solo superando en 0.365 el rango superior del Potencial de Hidrógeno (pH).

Cuarta. El agua del río Moquegua, después de los resultados obtenidos, se considera apta para la utilización en la elaboración del concreto, ya que tanto los ensayos de laboratorio de análisis de agua muestran valores que respetan los rangos establecidos en la normativa, como los ensayos de laboratorio de suelos confirman la resistencia alcanzada por las probetas de estudio de más del 90% en comparación de las probetas de control según la normativa.

5.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda utilizar los datos obtenidos como sustento científico para utilizar el agua del río Moquegua para la elaboración del concreto, teniendo la salvedad de que deben considerarse otros criterios adicionales para su uso en la construcción de alguna obra.

Segunda. Se recomienda realizar estudios de mayor profundidad para determinar la influencia directa de los parámetros físico químicos en la resistencia a la compresión y demás propiedades del concreto, con ensayos más específicos y complejos que analicen las características del agua a nivel molecular y se identifique la sustancia o compuesto particular que afecte en estas propiedades del concreto.

Tercera. Se recomienda incrementar las edades de rotura para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto, para que la evaluación sea posterior a la edad de 35 días, con un análisis a los 70, 90 o más días, con ello se podrá determinar si la resistencia a la compresión es consistente y evoluciona de manera favorable, mostrando resistencias que cumplan con los requisitos establecidos en la normativa peruana.

Cuarta. Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la compresión del concreto con la misma agua de estudio (agua del río Moquegua), pero con agregados de mayor calidad para lograr resistencias totales que sea iguales o cercanas a la resistencia total del diseño de mezcla establecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Aliaga, J. (2017). *Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las Provincias de Concepción, Chupaca y Jauja*. (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/264>
- Arraez, L. (2013). *Correlación entre los parámetros físicoquímicos y la resistencia a la compresión de concreto elaborado con agua del río Magdalena*. (Tesis de Pregrado), Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/276>
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnol. Marcha*, 30(4), 15-27. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bono, R. (2012). *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2445/30783>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. In (pp. 38). Recuperado de https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Breña, A., & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial* (UAM Ed. Primera ed.): Universidad Autónoma Metropolitana.

- Calizaya, G. (2017). *Análisis estructural y diseño sísmico comparativo por capacidad y resistencia, de un edificio para oficinas en el Centro Poblado de los Ángeles - Moquegua 2017*. (Tesis de Pregrado), Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/411>
- Campillo, N. (2011). *Tema 1 Introducción al Análisis Químico*. Paper presented at the Análisis Químico, Universidad de Murcia-España. <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-1.pdf/1c49a077-8b02-405d-9100-ee5f7f1b1b7b>
- Carbotecnia. (2021). *Alcalinidad total del agua*. Recuperado de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/significado-de-la-alcalinidad-total-del-agua/>
- Cook, T., & Campbell, D. (1986). The causal assumptions of quasi-experimental practice. *Synthese*, 68(1), 141-180. <https://doi.org/10.1007/BF00413970>
- Cruzado, J., & Li, M. (2015). *Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado*. (Tesis de Pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2038>
- Dingman, S. L. (1994). *Physical Hydrology*. Editorial Prentice-Hall; Estados Unidos de América.
- Eraso, H., & Ramos, N. (2015). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo*. (Proyecto de Grado), Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali

- García-Vargas, A., Reyes-Navarrete, M., Alvarado-de-la-Peña, A. I., González-Valdez, L., Magdalena-Antuna, D., Vázquez-Alarcón, E., Herrera-Benavides, A. (2012). Cloruros totales en el agua de abastecimiento. *Vidsupra*, 4(1), 20-21.
<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8825>
- Gonzales, L. (2021). *Informe Técnico de Análisis Ambientales*. SGS del Perú S.A.C. Arequipa, Perú.
- Gonzales, M. (2019). *La corrosión del concreto en ambiente marino*. Paper presented at the Asociacion de productores de cemento, ASOCEM.
http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/67826-8-1.pdf
- González, Ó., & Robles, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* (LIMUSA Ed. Cuarta ed.). México.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*: Departamento de Ingeniería Civil.
- GWC. (2017). *Sulfatos presentes en nuestro suministro y en aguas naturales*. Recuperado de <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/sulfatos/>
- IMCYC. (2009). Cementos hidráulicos: Especificaciones y métodos de prueba. Primera parte. *CYT*, Junio 2009(253).
<http://www.imcyc.com/ct2009/jun09/PROBLEMAS.pdf>
- INTAGRI. (2020). *La Alcalinidad del Agua y su Efecto en los Sustratos*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-alcalinidad-del-agua-y-su-efecto-en-los-sustratos>
- Julio, D., & Morales, L. (2018). *Influencia de la calidad del agua lluvia en la resistencia a compresión de morteros hidráulicos*. (Tesis de Pregrado),

Universidad de la Costa, Barranquilla. Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/4863>

Laboratorio Ambiental SGS del Perú S.A.C. (2021). *Informe de ensayo* (MA2126261 Rev. 0.). Callao, Perú.

Laboratorio de Suelos y Concreto L y D Contratistas Promotores Generales S.R.L. (2021). *Informe de ensayo* (Expediente N° 437-2021-L Y D, N° 438-2021-L Y D, N° 439-2021-L Y D, N° 440-2021-L Y D, N° 441-2021-L Y D, N° 443-2021-L Y D, N° 444-2021-L Y D, N° 445-2021-L Y D, N° 446-2021-L Y D, N° 447-2021-L Y D, N° 452-2021-L Y D, N° 455-2021-L Y D, N° 457-2021-L Y D, N° 458-2021-L Y D, N° 466-2021-L Y D, N° 468-2021-L Y D, N° 473-2021-L Y D, N° 476-2021-L Y D y N° 482-2021-L Y D). Moquegua, Perú.

López, E., & Barbaran, K. (2019). *Estudio de la variación de resistencia del concreto de arena utilizando agua clorificada del río Itaya en el distrito de Belén-2019*. (Tesis de Pregrado), Universidad Científica del Perú, Iquitos, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/911>

Lozano, L. (2017). *Influencia del uso de agua del río Cumbaza en la resistencia del concreto en las localidades de San Antonio, Morales y Juan Guerra – 2017*. (Tesis de Pregrado), Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30596>

Mamani, M. (2018). *Diseño de estructuras de disipación*. (Trabajo de Suficiencia de Grado), Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua.

- Medina-Sierra, W. (2017). El curado del concreto en la construcción. *L'esprit Ingénieux*, 7(1), 73-81.
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1368>
- Mlombric. (2019). *Glosario - Vocabulario. Terminología utilizada en Lombricultura y Agricultura Orgánica*. Recuperado de <https://www.manualdelombricultura.com/glosario/>
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima-Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- ONNCCE. (2004). *Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004: "Industria de la Construcción-Cementos Hidráulicos-Especificaciones y Métodos de Prueba"*. México: Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación, S.C. Recuperado de <https://www.onncce.org.mx/es/>
- Orozco, B., & Palacio, J. (2015). *Influencia de las características del agua subterránea en la resistencia de las unidades de mampostería de concreto con perforaciones verticales de fabricación artesanal. Caso estudio: Villanueva, Bolívar*. (Tesis de Pregrado), Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/2086?show=full>
- PRTR-España. (2007). *Cloruros (Cl Total)*. Recuperado de <http://www.prtr-es.es>
- RAE. (2007). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://www.rae.es/>

- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>
- RAI. (2012). *Diccionario Español de Ingeniería*. Recuperado de <http://diccionario.raing.es/es>
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales* (Primera ed.). Barcelona: España: Reverté, S.A.
- Rivera, G. (2013). *Concreto Simple* (Unicauca Ed. Primera ed.). Colombia.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto* (A. Gómez, K. Ramos, & R. Herrea Eds. Primera ed.). Perú: ACI PERÚ.
- Romero, J. (2021). *Informe Técnico de Laboratorio de Suelos y Concreto*. L Y D Contratistas Promotores Generales S.R.L. Moquegua, Perú.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Bhandar-Editores Ed. Quinta ed.). Argentina.
- Tello, J., & Tello, J. (2018). *Influencia del Uso de Agua del Pozo IRHS-42 del Balneario Los Palos en la Resistencia a la Compresión del Concreto Utilizado en el Distrito de la Yarada – Los Palos de la Provincia de Tacna*. (Tesis de Pregrado), Universidad Privada de Tacna. Recuperado de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/557>
- Tiloom. (2019). *Solubilidad de sales*. Recuperado de <https://www.tiloom.com/solubilidad-de-sales/>
- Tiña, X. (2018). *Análisis y diseño sísmico resistente en albañilería confinada en edificio de 4 pisos*. (Trabajo de Suficiencia de Grado), Universidad José

Carlos Mariátegui. Recuperado de
<http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/591>

Valera, P. (2018). *Influencia de las propiedades físico-químicas del agua del río Shilcayo en la resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm², Tarapoto - 2018.* (Tesis de Pregrado), Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú.
Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27092>

Vargas, M. (2016). *Validación del método de ensayo de sólidos totales suspendidos en matriz de agua residual y cruda en el laboratorio central de la empresa pública social de agua y saneamiento (EPSAS).* (Poyecto de Grado), Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Vázquez, A., González, F., Rocha, L., & Flores, A. (2001). Elaboración de concretos con agua tratadas. *Revista IMCYC.*
<http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/concretos.htm>

WaterBoards. (2010). *Folleto Informativo 3.1.4.0 pH.* In. California: E.E.U.U.: State Water Resources Control Board Gobierno California.