# CAPÍTULO 1

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. Planteamiento del problema.

El estudio de los materiales no metálicos, y en particular de los materiales de construcción, cobra gran importancia debido a su influencia en los ámbitos del progreso urbanístico y el bienestar común. La confluencia del interés científico y tecnológico con el interés social y de desarrollo, convierten a la innovación de materiales de construcción en una rama interesante de estudio y profundización del conocimiento.

Nuestro país posee yacimientos extensos de zeolitas naturales sin explotar, entonces se crea la oportunidad para realizar una investigación, que ayude a definir cuan efectiva resulta la adición de zeolita natural ecuatoriana a la mezcla básica de pasta de cemento Pórtland tipo1.

Es decir, se estudia si la zeolita como material puzolánico tiene la posibilidad de sustituir a los aditivos usados actualmente en la producción industrial del cemento. Además, con esto se puede reducir emisiones de CO2 como resultado de la disminución de la cantidad clinker en la formulación del cemento.

1.2. Objetivos

El objetivo general de este proyecto es simular el comportamiento de la pasta de cemento tipo I en presencia de zeolitas ecuatorianas como aditivo en diferentes concentraciones, en varios tiempos de curado en agua y teniendo como variable de respuesta la resistencia a la compresión.

Los objetivos específicos son:

* + Crear unidades experimentales de pasta de cemento, donde se estudia el efecto que tiene la adición de zeolita natural a diferentes concentraciones.
	+ Estudiar el comportamiento de la pasta de cemento en diferentes periodos de curado al agua (4, 7, 11, 14, 18, 21, 25 y 28 días)
	+ Los resultados estadísticos y matemáticos son analizados con respecto a otras con concentraciones diferentes de zeolita, al cemento tipo I sin aditivos y también con respecto al cemento tipo IV comercialmente utilizado.

## 1.3. Metodología



**FIGURA 1.1** FLUJO ESQUEMATICO DE LA METODOLOGÍA

Planteamiento del problema: como antes ya se describió el punto de partida es que la demanda general de cemento ha aumentado considerablemente en los últimos años y que en nuestro país se sabe existen yacimientos puzolánicos, situaciones que justifican el realizar estudios que revelen si es posible sustituir componentes habituales del cemento, por la zeolita natural ecuatoriana, para lo cual se procede a realizar el diseño del experimento.

Diseño de proyecto experimental y de simulaciones: el experimento tuvo como objetivo, simular (utilizando métodos numéricos) el comportamiento de materiales compuestos como el cemento. El diseño incluye restringir los procedimientos a normas preestablecidas para este tipo de ensayos. Introducir en los modelos el efecto de materiales aditivos, como puzolanas, para así saber cómo variar la composición de los materiales estructurales. Se coordinó los trabajos de modelación con la experimentación de laboratorio, con el objeto de lograr el mayor ajuste de los modelos con la realidad del comportamiento del material compuesto.

Paralelamente, se implementa un modelo simulado por computadora de todo el proceso con datos generados por otras muestras de manera progresiva en tiempos diferentes de curado.

Experimentación: se analizó el comportamiento del cemento al introducir un 10% de aditivo (Zeolita) y un curado en agua; para esto fue necesario recolectar muestras de este mineral, en un sitio geográfico especifico, cuya proximidad fue indicada por el mapa de minerales del Ecuador, proporcionado por la Espol.

El protocolo de experimentación y ensayo se basó en una de las normas ASTM, la cual restringe todos los procedimientos y cálculos realizados. La ejecución del experimento se realizó en las instalaciones del laboratorio de minerales de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra y en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de Producción. Los especímenes desde su estado natural fueron reducidos a polvo a través de ciclos de moliendas y tamizados. Se elaboraron probetas con forma y composición específica, en las mismas que el porcentaje de cada componente y su tiempo de curado en agua, representan las variables de entrada del experimento, además se tuvo otras variables cuyos valores se mantuvieron constantes la relación agua/mezcla y la granulometría del material. Dentro de la experimentación, el protocolo diseñado enunció un cronograma de ensayos de resistencia a la compresión (variable de respuesta), que generó información suficiente para el proseguir con la siguiente etapa de este estudio.

Análisis Estadísticos de Datos reales y Simulación: mediante cálculos necesarios se validó la hipótesis estadística de investigación a través del método más idóneo para la experimentación. Para dicho análisis estadístico en particular se usó un programa de computadora de alta confiabilidad, el cual proporcionó valores de la media, varianza y errores estándar; que asu vez se compararon con el material de referencial (0% puzolana) para cada una de las condiciones de curado establecidas. Estos cálculos generaron datos depurados que se implementaron en el programa de simulación, el mismo que proporciona valores teóricos de esfuerzos que también fueron añadidos a la tabla de comparación general, permitiendo una apreciación puntual del error en los resultados.

Análisis de Resultados y Conclusiones: las tablas de resultados mostraron los cambios de las propiedades y porcentajes de error; de aquí se deduce la relevancia del proyecto y aporte científico que representa para las nuevas generaciones y la comunidad industrial en general.

En lo técnico, luego de haber hecho el curado para las distintas mezclas y considerando los diferentes días de ensayo, físicamente en lo posterior se podrá realizar microscopia y difracción (SEM-EDX y XRD) (estudios que no se incluyen) para poder cuantificar las distintas fases y sus distribuciones siendo la función de respuesta la resistencia a la compresión uniaxial al tiempo de ensayo.

**1.4. Estructura del proyecto**

El capítulo 1 incluye las generalidades, y se destacan varios puntos de importancia, tales como, planteamiento del problema que hace referencia a la necesidad o aspiración que se intenta satisfacer, que en este caso fue observar la influencia de la zeolita adicionada al cemento tipo I; y las justificaciones que explica las causas y razones de este estudio.

Este capítulo también contiene objetivos, tanto generales como específicos, los cuales denotan la relevancia final de esta investigación. Aquí lógicamente se incluye la metodología a usar y estructura de contenido de esta tesis.

El capítulo 2 denominado marco teórico, explica los diferentes conceptos y definiciones de materiales, equipos y herramientas utilizadas o concernientes a esta investigación. Esta sección procura ampliar el horizonte técnico para realizar conclusiones con una buena referencia. Cada sección de esta parte ayuda a interpretar los resultados de una manera más objetiva.

El capítulo 3, resulta de gran importancia porque describe el procedimiento experimental desde sus inicios hasta sus mayores alcances, es decir, aquí se explica de forma detallada, como se hace y por que se realiza cada actividad experimental. En esta sección se define el diseño del experimento en sí, sustentado o demostrado bajo conceptos teóricos básicos, cada exclusión o adhesión de información o procedimiento, de modo que se pueda en cualquier momento saber que datos se manejan y que procedimiento exacto se está aplicando.

El capítulo 4 es llamado de resultados, es decir, incluye lo generado por el protocolo descrito en el capítulo anterior. La parte relevante de esta sección es el estudio estadístico individual y de grupo de los porcentajes de concentración de zeolita, sometidos a diferentes tiempos de curado en agua. Lo que a su vez representa la fuente o base para el análisis computacional de simulación, que ajusta el modelo de comportamiento de las propiedades finales del cemento.

Al final, el capítulo 5 desarrolla las conclusiones y observaciones obtenidas en el transcurso del presente trabajo, así como se expondrán las posibles recomendaciones para este y futuros trabajos de similares características.