



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL

TEMA:

“Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para
estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”

AUTORES:

Lisbeth Andreina Bravo Zambrano

Abel Fabricio Pilligua Ávila

TUTOR:

Dr. Alvansazyazdi Mohammadfarid PhD.

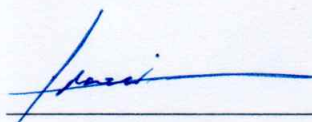
MANTA – MANABÍ – ECUADOR 2026

APROBACION DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO: Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular. Bajo la autoría de la estudiante Lisbeth Andreina Bravo Zambrano, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025- 2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”. La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente. Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Alvansazyazdi Mohammadfarid PhD

C.C.1755085451

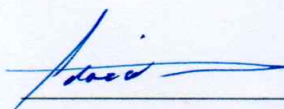
Tutor

APROBACION DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO: Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular. Bajo la autoría de la estudiante Abel Fabricio Pilligua Ávila, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”. La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente. Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Alvansazyazdi Mohammadfarid PhD

C.C.1755085451

Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Yo, Lisbeth Andreina Bravo Zambrano con CC: 131524404-4, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema **“Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”**, el cual fue dirigido por el tutor, Dr. Alvansazyazdi Mohammadfarid PhD.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 28 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.



Bravo Zambrano Lisbeth Andreina

C.C. 131524404-4

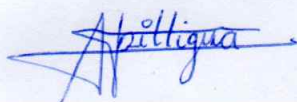
Autor

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Yo, Pilligua Ávila Abel Fabricio con CC: 131458845-8, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema **“Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”**, el cual fue dirigido por el tutor, Dr. Alvansazyazdi Mohammadfarid PhD.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 28 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.



Pilligua Ávila Abel Fabricio

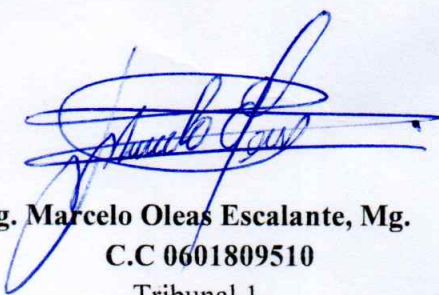
C.C. 131458845-8

Autor

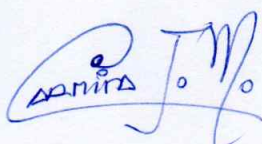
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certificamos:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es **“Diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología para estudiantes de ingeniería civil: desde los fundamentos hasta la aplicación”**, internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APROBAMOS, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente. Certificamos lo anterior para los fines pertinentes, salvo disposición de Ley en contrario. En la ciudad de Manta, a los 30 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.



Ing. Marcelo Oleas Escalante, Mg.
C.C 0601809510
Tribunal 1



Ing. Carmita Jiménez Merchán, Mg.
C.C 1306326230
Tribunal 2

DEDICATORIA DE LISBETH BRAVO

Dedico este trabajo a mi abuelo Fortunato Zambrano que hace una semana acaba de partir al cielo, y fue un soporte primordial en mi vida, quien siempre me estuvo motivando para que logre ser una profesional y una mujer independiente. A mis padres, por ser los pilares fundamentales que han sostenido y apoyado cada uno de mis sueños. Gracias por su sacrificio, por su amor infinito y por enseñarme que con esfuerzo y disciplina no existen metas inalcanzables.

A mi esposo, por brindarme su apoyo incondicional y sincero en todo este proceso, por desvelarse conmigo y darme ánimos para poder lograr mis objetivos.

A mis hermanos y familiares, por su confianza y por ser mi refugio en los momentos de mayor exigencia, y a mis amigos que también fueron parte de este proceso.

DEDICATORIA DE ABEL PILLIGUA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su ejemplo y apoyo incondicional me motivaron a poder cumplir todos mis objetivos. Les agradezco por creer en mí y por brindarme todas las herramientas necesarias para poder lograr mi preparación de manera satisfactoria.

A mis familiares, amigos y a todas las personas que estuvieron a mi lado en este proceso, brindándome una palabra de aliento, o un abrazo de fuerza. Este título es el resultado de años de esfuerzo, y lo comparto con todos ustedes, porque sin ustedes no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por abrirnos las puertas a esta maravillosa institución, brindándonos las herramientas y conocimientos necesarios para nuestra exitosa formación profesional.

Nuestra total gratitud a nuestro tutor el Dr. Mohammadfarid Alvansazyazdi PhD, por su guía esclarecedora en el mundo de la nanotecnología, y por enseñarnos que lo hasta lo imposible es posible de realizar con esfuerzo y dedicación. Su apoyo y paciencia infinita fue fundamental para lograr nuestros objetivos y culminar nuestro Proyecto de Investigación de Titulación.

Gracias a los docentes que estuvieron pendientes de nuestro proceso de Titulación, a las Instituciones Educativas y docentes de la ULEAM que nos abrieron las puertas para poder enseñar nuestro proyecto, y nos brindaron su aceptación.

Finalmente agradecemos a nuestros familiares y seres queridos, porque sin su apoyo y palabras de aliento todo esto no sería posible. Muchas gracias a todos y este Proyecto no es solo de nosotros, es dedicado a ustedes con mucho cariño.

RESUMEN

Este trabajo en modalidad proyecto de investigación, tuvo como objetivo el diseño e implementación de un kit educativo progresivo de nanotecnología, con la finalidad de integrar la enseñanza de nanotecnología en las asignaturas de Ensayos de Materiales y Tecnología del Hormigón de la carrera de Ingeniería Civil, mediante un módulo de aprendizaje escalonado que combinó la experimentación física con recursos multimedia y pensamiento lúdico.

La realización del kit educativo de aprendizaje tuvo un diseño estructurado en tres niveles: básico, intermedio y avanzado. El programa académico abarca desde la temática “Fundamentos de la Nanotecnología”, seguido de la “Funcionalización de materiales cementicios mediante el uso de nanopartículas comerciales”, aplicada en la asignatura de Ensayos de Materiales, y, finalmente “El futuro de la ingeniería civil mediante la aplicación de Nanopartículas orgánicas en materiales de construcción”, el cual se recomienda sea integrado en la asignatura de Tecnología del Hormigón. Fue realizado bajo una prueba piloto con estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. La obtención de estos datos da como respuesta un desempeño notable de los estudiantes universitarios, con un nivel de aceptación de un 97.5% hacia la integración de nanopartículas comercializadas y de residuos orgánicos para el desarrollo de materiales inteligentes.

Este trabajo obtuvo como resultado que la integración del Nano Kit educativo en la carrera de Ingeniería civil es efectiva para aprender los conceptos básicos de nanotecnología, sus aplicaciones y mejoras en materiales de construcción.

Palabras clave: Nanotecnología, Kit educativo, Ingeniería Civil, Nanomateriales orgánicos.

ABSTRACT

This work, in the form of a research project, aimed to design and implement a progressive educational kit on nanotechnology, with the aim of integrating the teaching of nanotechnology in the subjects of Materials Testing and Concrete Technology of the Civil Engineering career, through a staggered learning module that combined physical experimentation with multimedia resources and playful thinking.

The educational learning kit was designed to be structured in three levels: basic, intermediate and advanced. The academic program ranges from the topic "Fundamentals of Nanotechnology", followed by the "Functionalization of cementitious materials through the use of commercial nanoparticles", applied in the subject of Materials Testing, and, finally, "The future of civil engineering through the application of organic nanoparticles in construction materials", which will be integrated into the subject of Concrete Technology.

This study was conducted as a pilot test with students from the Faculty of Civil Engineering at Eloy Alfaro Lay University of Manabí. The data obtained reveals a remarkable performance by the university students, with a 97.5% acceptance rate for integrating commercially available nanoparticles and organic waste into the development of smart materials.

This work obtained as a result that the integration of the educational Nano Kit in the Civil Engineering career is effective to learn the basic concepts of nanotechnology, its applications and improvements in construction materials.

Keywords: Nanotechnology, Educational Kit, Civil Engineering, Organic Nanomaterials.

INDICE

1	CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	19
1.1	Planteamiento del Problema:	19
1.2	Formulación del Problema:.....	20
1.3	Justificación:	20
1.3.1	Justificación Práctica	20
1.3.2	Justificación Académica y Pedagógica	21
1.3.3	Justificación Social	21
1.4	Objetivos:	22
1.4.1	General:.....	22
1.4.2	Específicos:	22
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1	Actualización curricular de la enseñanza en la carrera Ingeniería Civil.....	23
2.2	Fundamentos educativos para la Implementación del Nano Kit	23
2.2.1	Aprendizaje Experimental	23
2.3	Bases Teóricas:	26
2.3.1	Nanotecnología	26
2.3.2	Clasificación de Nanotecnología	27
2.3.3	Clasificación según el Enfoque de Síntesis	27
2.3.4	Clasificación según la Dimensionalidad	28
2.3.5	Según su composición química y orgánica.	29

2.3.6	Nanotecnología y la actualidad.....	30
2.3.7	Ventajas de la Nanotecnología.....	30
2.3.8	Nanomateriales	33
2.3.9	Aplicación de Nanotecnología en el mundo	40
2.4	Antecedentes Investigativos:	42
2.4.1	Herramientas Didácticas para la Enseñanza de la Nanotecnología	42
2.5	Marco Legal	43
2.5.1	Constitución de la República del Ecuador	43
2.5.2	Ley Orgánica de Educación Superior (LOES).....	44
2.5.3	Reglamento de Régimen Académico.....	44
2.5.4	NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción	44
2.5.5	Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	45
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	45
3.1	Modalidad de la Investigación: Proyecto de Investigación Aplicada.	45
3.2	Tipos de Investigación	46
3.3	Población y Muestra: Define con cuántos estudiantes harás el piloto	46
3.4	Instrumentos y técnicas aplicadas:.....	46
3.5	Consideraciones sobre propiedad intelectual y uso de la metodología.....	47
3.5.1	Procedimiento para el registro de propiedad intelectual en Ecuador.....	47
3.6	Procesamiento de recursos naturales locales como base del kit educativo.....	48
3.6.1	Fase 1: Recolección y Limpieza Inicial	48

3.6.2	Fase 2: Deshidratación Térmica.....	49
3.6.3	Fase 3: Molida y triturada de materia prima.....	50
3.6.4	Fase 4: Tamizado y Resultado Final.....	51
3.7	Estrategias de implementación en la malla curricular	52
3.7.1	Desarrollo del Módulo de Aprendizaje.....	52
4	CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	55
4.1	Diseño inicial del Kit:	56
4.1.1	Nivel Básico: Comprensión de Escala, Geometría y Fenómenos Físicos	56
4.1.2	Nivel Intermedio: Nanotecnología Comercial.....	56
4.1.3	Nivel Avanzado: Residuos de desechos agrícolas y marinos	57
4.2	Diseño del Manual Multimedia:	58
4.2.1	Diseño del Manual Multimedia e Integración de Recursos Digitales.....	59
4.2.2	Funcionamiento Técnico de los Códigos QR	59
4.2.3	Estructura y Producción de los Videos Tutoriales.....	60
4.2.4	Justificación Pedagógica del Sistema	60
4.3	Construcción del Prototipo:	60
5	CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
5.1	Ejecución del Piloto: Describe el taller que realizaste con los estudiantes.....	62
5.2	Resultados de la Evaluación: Gráficos de las encuestas para demostrar la "Comprensión Conceptual" y "Participación".	63

5.2.1	Resultados de encuestas en estudiantes de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería.....	63
5.2.2	Bloque 4. Validación Final y Recomendación de Uso	72
5.3	Discusión y Resultados	73
5.3.1	Eficacia y Veracidad del Kit.....	73
5.3.2	Análisis de los Desafíos Cognitivos	74
5.3.3	Impacto de la Dinámica d Juegos	74
6	CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	75
6.1	Análisis Económico	75
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
7.1	Conclusiones:.....	77
7.2	Recomendaciones:	78
7.3	Bibliografía	79
7.4	ANEXOS	94

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ciclo experiencial propuesto por David Kolb.	24
Ilustración 2 Recolección de Hoja de Bambú.	48
Ilustración 3. Recolección de Cascara de Arroz.	48
Ilustración 4. Limpieza de Desechos Marinos (Concha Negra).	49
Ilustración 5. Secado de desechos agrícolas y marinos.	50
Ilustración 6. Trituración de Concha negra en Máquina los Ángeles.	50
Ilustración 7. Pulverización Manual de Casca de Camarón.	51
Ilustración 8. Tamizado de Desechos Agrícolas y Marinos.	51
Ilustración 9. Clasificación de Polvos Obtenidos.	52
Ilustración 10 hojas de Manual.	60
Ilustración 11 caja de Kit educativo.	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de Edades de Encuestados.	63
Tabla 2. Capacidad protectora del polvo de concha negra.	64
Tabla 3. Fenómeno físico en experimento de capilaridad.	65
Tabla 4. Utilidad del Nano hierro en Ingeniería.	65
Tabla 5. Efecto del Nano Metacaolín (Scratch Test).	66
Tabla 6. Claridad y comprensión de los videos tutoriales.	67
Tabla 7. Eficacia del video como complemento presencial.	68
Tabla 8. Suficiencia del glosario de términos técnicos.	69

Tabla 9. Visualización eficaz de la escala nanométrica.....	70
Tabla 10. Necesidad de modernización docente en la ULEAM.....	71
Tabla 11. RECOMENDACIÓN DEL RECURSO DIDACTICO.....	72
Tabla 24. Presupuesto Real de fabricación de 1 Nano Kit Educativo.	76

INDICE DE GRAFICA

Grafica 1. Gráfico de Perfil Demográfico.....	63
Grafica 2. Análisis de Datos de Pregunta #1. Bloque 2. Fuente: Propia	64
Grafica 3. Análisis de Datos Pregunta # 2. Bloque 2.....	65
Grafica 4. Análisis de Datos Pregunta 3. Bloque 2.....	66
Grafica 5. Análisis de Datos Pregunta 4. Bloque 2.....	67
Grafica 6. Análisis de Datos de Pregunta #1. Bloque 3.....	68
Grafica 7. Análisis de Datos Pregunta 2. Bloque 3.....	69
Grafica 8. Análisis de Datos Pregunta 3. Bloque 3.....	70
Grafica 9. Análisis de Datos Pregunta 4. Bloque 3.....	71
Grafica 10. Análisis de Datos Pregunta 5. Bloque 3.....	72
Grafica 11. Análisis de Datos Pregunta 1. Bloque 4.....	73

INDICE DE ANEXOS

Anexos 1 Estado del agregado de concha negra tras el ensayo	94
Anexos 2. Ensayos de Angulo de Contacto en cubos de Yeso+ Nanopartículas.	94
Anexos 3. Fabricación de Cubos de Yeso Normal y Yeso Modificados.....	94
Anexos 4. Visita a Laboratorio Universidad Central.....	95

Anexos 5. Visita a Universidades de Quito, para mejoras del Nano Kit.	95
Anexos 6. Ensayos en Yeso con Desechos Agrícolas y Marinos.	95
Anexos 7. Exhibición de Kian Nanotech a estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura.	96
Anexos 8. Talleres Didácticos.	96
Anexos 9. Presentación de Encuestas a Estudiantes ULEAM.	96
Anexos 12. Encuestas a estudiantes.	97
Anexos 13. Diseño Final de Nano Kit Educativo.	97
Anexos 14. Nano Kit Educativo parte interna	97
Anexos 15. Formato definitivo de Manual.	98

1 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema:

La integración efectiva de la nanotecnología en los currículos de ingeniería civil enfrenta barreras estructurales además de pedagógicas significativas que dificultan la formación de profesionales competentes en esta área emergente. A pesar de que la manipulación de la materia a escala nanométrica ofrece soluciones para la infraestructura moderna, los estudiantes universitarios experimentan dificultades entre los fundamentos conceptuales y su aplicación. Según las investigaciones se destacan cuatro factores principales en esta problemática, los cuales son:

La existencia de un aprendizaje práctico y funcional. La enseñanza de la nanotecnología necesita acceso a equipos avanzados en microscopía electrónica, los cuales al ser costosos se convierten en escasos en la mayor parte de los programas de universitarios. Según Gustavsson y Magnus (2023), esta restricción de elementos exige a las universidades a proporcionar clases de forma exclusivamente teóricas, dejando fuera a los estudiantes de la comprobación experimental y práctica necesaria para entender los mecanismos en el rango nanométrico.

Un segundo factor es la complejidad conceptual de síntesis, en donde se puede evidenciar que el aprendizaje en este campo exige un dominio del tema de fenómenos integrados donde convergen la Tecnología del Hormigón y Ensayo de Materiales. Los autores Claußnitzer et al. (2025), señalan que los estudiantes frecuentemente luchan por dimensionar la magnitud de la escala nanométrica y trabajar con potencias de diez, lo que genera obstáculos cognitivos significativos cuando no se cuenta con herramientas de visualización adecuadas.

La nanotecnología a menudo no se encuentra integrada de manera transversal en la malla curricular de ingeniería civil, sino que aparece como un tema aislado o electivo. Tal como indica Rahmawati et al. (2023), la alfabetización en nanotecnología no es estudiada ampliamente a nivel universitario debido a la falta de módulos progresivos que conecten estos conceptos avanzados con las asignaturas troncales de la carrera.

Finalmente, persisten limitaciones en los métodos didácticos tradicionales. Los modelos actuales de enseñanza están basados en clases magistrales, y han demostrado que son insuficientes para que el estudiante tenga compromiso y facilidad de comprensión en temas tecnológicos muy complejos. Un estudio actual de Lin et al. (2025) ha demostrado que, gracias a la implementación de estrategias de aprendizaje multidisciplinario, basado en problemas y proyectos colaborativos, mejora de manera significativa la participación y retención de conocimientos a diferencia de otros métodos tradicionales, recomendando que la innovación pedagógica es indispensable en la enseñanza de la nanotecnología.

1.2 Formulación del Problema:

¿Cómo la implementación curricular de un Kit educativo de nanotecnología puede ayudar a mejorar el aprendizaje experimental de fenómenos micro y nano estructurales en asignaturas como Ensayo de Materiales y Tecnología de Hormigón en la carrera de ingeniería civil?

1.3 Justificación:

1.3.1 Justificación Práctica

Esta investigación es necesaria debido a que la industria de la construcción está experimentando un cambio radical por el uso de materiales inteligentes y sostenibles. No es una opción dejar a un lado la Nanotecnología, ya que es una necesidad técnica. (Alvansazyazdi, y otros, 2025)

Tal como indica AlRasheed (2022), la integración de la nanotecnología en los materiales de construcción es fundamental para mejorar la calidad, durabilidad y sostenibilidad de las edificaciones residenciales modernas.

1.3.2 Justificación Académica y Pedagógica

Desde el ámbito educativo, existe una necesidad de actualizar y modernizar los métodos de enseñanza. Estos enfoques comunes de clases tradicionales y largas han demostrado ser insuficientes para entender los fenómenos a Nano escala. Como señalan Kai y Mikko (2023), la dificultad de la nanotecnología requiere un enfoque interdisciplinario que la mayoría de los currículos actuales no ofrecen.

El proyecto se justifica ya que se llegará a una solución metodológica que llene el vacío curricular existente, facilitando la comprensión de conceptos fundamentales sin depender exclusivamente de equipos de laboratorio costosos (Meegle, s.f.).

1.3.3 Justificación Social

La integración de las competencias de Nanotecnología en el perfil ingenieril ha trascendido en el ámbito académico generando un impacto sorprendente en el bienestar social y desarrollo nacional (Toala et al., 2025). Generando un objetivo de una gestión avanzada de los recursos, donde el uso de partículas como la nano-sílice o los nanotubos de carbono reduce el consumo de materiales tradicionales y extiende la vida útil de las edificaciones (Zakaria et al. , 2014; Phiri et al., 2023).

1.4 Objetivos:

1.4.1 General:

Diseñar, desarrollar e implementar un kit educativo integral y progresivo que permita a los estudiantes de ingeniería civil comprender los fundamentos de la nanotecnología y aplicar conceptos avanzados mediante el aprendizaje práctico y estructurado.

1.4.2 Específicos:

Articular la enseñanza de Nanotecnología en las asignaturas de Ensayo de Materiales y Tecnología de Hormigón de la carrera de Ingeniería Civil, mediante la implementación de módulos experimentales del Kit Educativo.

Desarrollar un módulo de aprendizaje escalonado que aborde los niveles básicos e intermedio para la asignatura de Ensayo de Materiales y el nivel avanzado para la materia de Tecnología del Hormigón.

Diseñar y ejecutar experimentos atractivos y didácticos acorde a cada nivel de complejidad.

Crear un manual atractivo, que incluya códigos QR que conduzcan a el video de cada uno de los experimentos, y faciliten el aprendizaje mediante la práctica y experimentación.

Evaluar el impacto del uso del Nano Kit educativo en el aprendizaje experimental, comparando el rendimiento académico y la comprensión conceptual de los estudiantes de la carrera de ingeniería civil.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Actualización curricular de la enseñanza en la carrera Ingeniería Civil

Según Revollo (2023) la enseñanza de la ingeniería civil en la educación superior enfrenta actualmente un proceso de transformación que responde a los retos de la globalización, la digitalización y la sostenibilidad. La formación tradicional, basada en la transmisión unidireccional de conocimientos, resulta insuficiente para preparar profesionales capaces de responder a contextos complejos, caracterizados por la incertidumbre y la necesidad de soluciones interdisciplinarias.

En la actualidad para el aprendizaje de la ingeniería civil, la nanotecnología aplicada a materiales de construcción representa un campo primordial que hasta ahora no ha sido incorporado en su totalidad en los currículos de estudio de las distintas asignaturas de la carrera.

2.2 Fundamentos educativos para la Implementación del Nano Kit

Vazquez y Takeuchi (2017), mencionan que *“La nanotecnología es importante dentro del currículo educativo para todos los niveles educativos”*, siendo así que su aprendizaje y formación es restringida en la educación superior y a través de la práctica ayudará a su comprensión dejando una excelente percepción y concepción sobre la ciencia y tecnología.

2.2.1 Aprendizaje Experimental

El proceso cíclico en el modelo de aprendizaje experimental propuesto por David Kolb en épocas pasadas está vigente, pues involucra el saber hacer y el saber pensar desde una orientación centrada en el educando. Permite una enseñanza unipersonal y considera la multiplicidad de estilos y talentos que se robustecen a través de la interacción entre maestro y alumno en escenarios reales (Espinár & Vigueras, 2020).



*Ilustración 1. Ciclo experiencial propuesto por David Kolb.
Fuente obtenida de: Rodríguez, 2018.*

La implementación de la propuesta del Nano Kit educativo se aplica directamente a este modelo, y permite que el estudiante:

- ✓ Comprenda los conceptos básicos de Nanotecnología y su aplicación en ingeniería civil.
- ✓ Utilice materiales modificados con nanopartículas existentes.
- ✓ Visualice las mejoras en resistencia, absorción, ángulo de contacto; en los materiales modificados.
- ✓ Analice los resultados experimentales, y los relacione con su comportamiento.

Esto transforma la enseñanza de las asignaturas: Investigación Aplicada, tecnología de Hormigón y Ensayo de Materiales en un proceso dinámico y progresivo.

2.2.2 Constructivismo

Desde la perspectiva constructivista de Jean Piaget, en sentido general el constructivismo concibe el conocimiento como una construcción propia del sujeto que se va produciendo día con

día resultado de la interacción de los factores cognitivos y sociales, este proceso se realiza de manera permanente y en cualquier entorno en los que el sujeto interactúa (Saldarriaga et al., 2016).

Al implementar este Nano Kit en la enseñanza de asignaturas de Ingeniería Civil que impliquen la manipulación de materiales cementicios como el cemento y el yeso, permite materializar conceptos de experimentos que evidencian:

- Densificación de la matriz cementicia.
- Efectos de las nanopartículas.
- Disminución de permeabilidad, entre otros.

Ayudando al estudiante a construir conocimientos de manera progresiva en la experimentación directa.

2.2.3 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Según Barrows (1986) definen el ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”.

La aplicación del Nano Kit educativo en la ingeniería civil puede utilizarse para resolver problemas como:

- ✓ Mejorar la durabilidad del hormigón en ambientes marinos.
- ✓ Reducir la porosidad capilar.
- ✓ Optimizar la resistencia sin aumentar la relación agua/cemento.
- ✓ Disminuir el peso específico y la densidad.
- ✓ Modificar materiales cementicios a partir de residuos orgánicos.

Este Nano kit siendo un simulador de laboratorio convierte el entorno en una simulación profesional para cada experimento a realizar.

2.3 Bases Teóricas:

2.3.1 Nanotecnología

La nanotecnología se define fundamentalmente como la comprensión y el control de la materia en dimensiones de aproximadamente 1 a 100 nm, donde fenómenos únicos permiten nuevas aplicaciones. No se trata simplemente de una reducción de escala, sino de un nivel en el que la materia exhibe propiedades físicas, químicas y biológicas significativamente distintas a las observadas en el mundo macroscópico, permitiendo el desarrollo de materiales con características mejoradas de resistencia y reactividad (National Nanotechnology Initiative, s.f.; Saltos & Villalba, 2024).

Es crucial distinguir conceptualmente entre nanociencia y nanotecnología para delimitar el alcance de la investigación. Mientras la nanociencia se ocupa del estudio y observación de los fenómenos y la manipulación de materiales a escalas atómica, molecular y macromolecular, la nanotecnología es la aplicación práctica de este conocimiento para el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas mediante el control de la forma y el tamaño (The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, 2004; Alvarez et al., 2023).

Una característica definitoria de esta disciplina es el cambio drástico en la relación superficie-volumen. A medida que el tamaño de un material disminuye hacia la nano escala, el porcentaje de átomos en la superficie aumenta exponencialmente en comparación con los del interior. Esto provoca que las propiedades de superficie dominen sobre las propiedades de volumen, resultando en una mayor reactividad química y cambios en las propiedades magnéticas y ópticas, lo cual es la base para el desarrollo de catalizadores y sensores más eficientes (Ibrahim et al., 2019; Vargas et al., 2021).

De acuerdo con International Organization for Standardization (2015), desde una perspectiva de estandarización industrial necesaria para la ingeniería, establece un marco riguroso, define la nanotecnología como la aplicación del conocimiento científico para manipular y controlar la materia en la nano escala con el fin de utilizar propiedades y fenómenos dependientes del tamaño y la estructura, que son distintos de los asociados con átomos individuales o con el material a granel, estableciendo así un límite claro entre la química convencional y la ingeniería nanométrica.

Finalmente, este término ha evolucionado, llevándolo a una clasificación más amplia en su impacto multidisciplinario. Actualmente, la nanotecnología no solo se considera una disciplina, sino también un campo extraordinario, en donde la física biología, química e ingeniería se unen para crear nanomateriales que pueden ser de origen incidental o natural, ayudando a resolver problemas de durabilidad y sostenibilidad en la industria de la construcción (Jithin et al.,2018; Pozo et al., 2021).

2.3.2 Clasificación de Nanotecnología

Dada la naturaleza multidisciplinaria de la nanotecnología, su clasificación no es lineal, sino que se organiza en función de distintos criterios técnicos. La literatura académica actual, respaldada por normativas internacionales como la ISO, establece tres taxonomías principales para categorizar tanto los procesos como los materiales resultantes: según su enfoque de síntesis, su dimensionalidad y su origen químico (Almeida & Cabezas, 2024).

2.3.3 Clasificación según el Enfoque de Síntesis

Esta es la clasificación más relevante para la ingeniería, ya que define el proceso de manufactura. Se divide en dos paradigmas opuestos:

Enfoque Top-Down -Descendente: Este método consiste en la descomposición de un material a gran escala tal es macroscópico hasta reducirlo a dimensiones nanométricas. Funciona

de manera similar al esculpido de un bloque de piedra. Las técnicas comunes incluyen la molienda mecánica de alta energía, la litografía y el grabado láser. En la ingeniería civil, este enfoque es común para la producción de polvos finos, aunque presenta desafíos como la imperfección de la superficie y el alto consumo energético (Baig et al., 2021; Flores et al., 2023).

Enfoque Bottom-Up -Ascendente: Considerado la "verdadera" nanotecnología moderna, este enfoque implica la construcción de estructuras átomo por átomo o molécula por molécula mediante reacciones químicas, autoensamblaje o deposición de vapor. Al construir el material desde sus unidades fundamentales, se logra un control preciso sobre la morfología y las propiedades finales, reduciendo defectos estructurales. Ejemplos incluyen la síntesis química sol-gel (muy usada para recubrimientos de concreto) y la deposición química de vapor para crear nanotubos de carbono (Baig et al., 2021; Vargas y Tapia, 2025).

2.3.4 Clasificación según la Dimensionalidad

La clasificación más estandarizada para los nanomateriales se basa en cuántas de sus dimensiones se encuentran fuera de la escala nanométrica menor a 100 nm. Según Pokropivny et al. (2007), y ratificado por la norma International Organization for Standardization (2015), se dividen en cuatro categorías:

Cero-Dimensional: Todas sus dimensiones x, y, z están dentro de la nano escala. Es decir, son puntos nanométricos. El ejemplo clásico son las nanopartículas esféricas, los puntos cuánticos “Quantum Dots” y los fullerenos.

Unidimensional: Tienen una dimensión fuera de la nano escala y dos dentro de ella. Aquí se encuentran los nanotubos de carbono, las nano fibras y los nano hilos, fundamentales para reforzar matrices de cemento (Zaid O. et al., 2023).

Bidimensional: Tienen dos dimensiones fuera de la nano escala, son láminas extensas y solo el espesor es nanométrico. El grafeno y las películas delgadas “Thin films” para recubrimientos de ventanas inteligentes pertenecen a este grupo (Alvansazyazdi et al., 2022).

Tridimensional: Materiales que, aunque tienen dimensiones macroscópicas en sus tres ejes, poseen una estructura interna nanoestructurada o están compuestos por la aglomeración de nanomateriales 0D, 1D o 2D. Un ejemplo es un bloque de concreto reforzado con nanopartículas. (Jithin, y otros, 2018)

2.3.5 Según su composición química y orgánica.

Según Arévalo et al. (2022) también hay una clasificación de los nanomateriales conforme a su composición química y naturaleza. Esta categorización es fundamental en ingeniería para determinar la compatibilidad con otros materiales de construcción y prever su durabilidad o toxicidad, sus grupos principales son los siguientes:

Basados en Carbono: Incluyen estructuras compuestas íntegramente por carbono, presentando geometrías como esferas huecas o tubos. Estos materiales son altamente valorados en la ingeniería civil por su excepcional resistencia a la tracción, conductividad eléctrica y bajo peso, siendo ideales para el refuerzo estructural (Phiri et al., 2023).

Inorgánicos (Metales y Óxidos Metálicos): Se incluyen todas las nanopartículas de metales puros, y además los óxidos metálicos como el dióxido de titanio y la nano-sílice (Alvansazyasdi et al. , 2022).

Orgánicos (Polímeros y Dendrímeros): Son aquellos nanomateriales fabricados a partir de materia orgánica, su uso y aplicación es muy común en biomedicina, en la construcción se investigan para la funcionalización de superficies y como cápsulas para la liberación controlada de agentes químicos dentro del hormigón. (Alvansazyazdi, y otros, 2024).

2.3.6 Nanotecnología y la actualidad

En el contexto contemporáneo, la nanotecnología ha superado la fase de especulación teórica para consolidarse como una Tecnología de Propósito General, comparable en impacto a la invención de la electricidad o internet. En la actualidad, su influencia permea prácticamente todos los sectores industriales, desde la biomedicina hasta la construcción. Según una revisión reciente de la literatura científica, el mercado global de la nanotecnología no solo está en expansión, sino que está redefiniendo los procesos de manufactura al permitir la creación de materiales más ligeros, fuertes y químicamente eficientes que los convencionales. (Haleem et al., 2023; Alvansazyazdi et al., 2025).

En el sector de la ingeniería y la infraestructura, la actualidad está marcada por la implementación de materiales inteligentes. Ya no se trata solo de pruebas de laboratorio; hoy existen aplicaciones comerciales de cementos reforzados con nano-sílice y pavimentos asfálticos modificados con nano polímeros que extienden la vida útil de las carreteras. Sin embargo, este avance técnico coexiste con una preocupación creciente sobre la seguridad. La comunidad científica actual debate intensamente sobre la nano toxicología, es decir, los efectos potenciales de las nanopartículas liberadas en el ecosistema y la salud humana, lo que ha obligado a organismos internacionales a endurecer las normativas de uso y manejo (Rathor et al., 2023; Alvansazyasdi et al., 2022).

2.3.7 Ventajas de la Nanotecnología

La incorporación de la nanotecnología en los procesos industriales y científicos ofrece ventajas competitivas que no son alcanzables mediante la química o la ingeniería convencional. Estas ventajas se derivan principalmente del incremento exponencial en la relación superficie-

volumen y de los efectos cuánticos que predominan a esta escala. A continuación, se detallan las áreas principales de impacto positivo:

Mejora Sustancial de Propiedades Físicoquímicas

La ventaja más inmediata de la nanotecnología es la capacidad de alterar radicalmente las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de un material sin cambiar su composición química base. Al reducir el tamaño de partícula a la nano escala, se incrementa la superficie de contacto disponible para reacciones, lo que resulta en materiales más reactivos y eficientes. En el campo de la ingeniería, esto se traduce en compuestos con una resistencia a la tracción y compresión significativamente superior, mayor ligereza y una durabilidad extendida ante agentes corrosivos, superando las limitaciones de los materiales (Keyvanfar, y otros, 2018).

Sostenibilidad y Valorización de Residuos

Bajo la perspectiva de Alvansazyazdi et al. (2022), en el contexto actual de crisis climática, la "Nanotecnología Verde", emerge como una ventaja crítica. Permite el desarrollo de procesos de producción más limpios y eficientes energéticamente. Un aspecto clave, relevante para la economía circular, es la capacidad de sintetizar nanomateriales a partir de residuos biológicos y agroindustriales (como cáscaras de arroz o exoesqueletos de crustáceos). Esto no solo reduce la dependencia de precursores químicos tóxicos y costosos, sino que transforma desechos contaminantes en recursos de alto valor tecnológico para la remediación ambiental y la construcción sostenible (Khorami et al., 2017; Singh et al., 2023).

Eficiencia Económica y Ciclo de Vida

Aunque la inversión inicial en nanotecnología puede ser elevada, su ventaja económica radica en el análisis del ciclo de vida (LCA). Los nanomateriales permiten crear productos con una vida útil mucho más larga y menores necesidades de mantenimiento. Por ejemplo, en

infraestructura, el uso de recubrimientos nanoestructurados auto limpiantes o anticorrosivos reduce drásticamente los costos operativos a largo plazo. Además, la fabricación "Bottom-up" átomo por átomo minimiza el desperdicio de materia prima, optimizando el uso de recursos escasos en la industria manufacturera (Baig et al.,2021; Logacho & Molina, 2025).

Densificación y Refuerzo Mecánico (Enfoque en Construcción)

En el ámbito de la ingeniería civil y de materiales, la principal ventaja reside en la capacidad de los nanomateriales para actuar como rellenos de altísima eficiencia. Según Norhasri et al. (2017), las nanopartículas poseen un tamaño ideal para penetrar y llenar los poros microscópicos de las matrices de cemento y polímeros que los agregados convencionales no pueden alcanzar. Esto genera una microestructura mucho más densa y compacta, lo que no solo eleva exponencialmente la resistencia a la compresión, sino que bloquea el ingreso de agentes agresivos como cloruros, sulfatos, aumentando drásticamente la vida útil de las infraestructuras (Pujota D. & Yungan J, 2024).

Reducción de Costos Energéticos y Materia Prima

A diferencia de los procesos industriales tradicionales que requieren grandes volúmenes de material para lograr resistencia (muros gruesos, vigas pesadas), la nanotecnología permite "hacer más con menos". Según Ramsden (2016), destaca que, al existir alta relación entre la superficie y volumen de los nanomateriales, nos permite obtener mejores o similares propiedades funcionales; esto implica una ventaja directa en la sostenibilidad de los materiales.

Multifuncionalidad y Propiedades "Inteligentes"

Finalmente, una ventaja distintiva es la capacidad de otorgar múltiples propiedades a un mismo material de forma simultánea. Issaabadi, et al. (2019), explican que, mediante la

nanotecnología, un material estructural no tiene por qué ser pasivo; puede diseñarse para ser simultáneamente resistente a la carga, antimicrobiano y autolimpiante.

2.3.8 Nanomateriales

Según la normativa técnica internacional, un nanomaterial se define como aquel material que posee cualquier dimensión externa en la nano escala (1 nm a 100 nm) o que tiene una estructura interna o superficial en dicha escala. Esta definición abarca tanto a los nano-objetos discretos (como nanopartículas, nanotubos y nano placas) como a los materiales nanoestructurados aglomerados o compuestos que poseen una estructura interna nanométrica (Standardization, 2015).

Desde una perspectiva de la ciencia de materiales avanzada, autores recientes como Wang, Zhang y Wang (2023), definen a los nanomateriales no solo por sus dimensiones, sino por su rol como "Agentes de Nucleación Activa".

A diferencia de los agregados tradicionales tales son la arena que actúan como un relleno inerte, los nanomateriales poseen una energía superficial tan alta que funcionan como "semillas" o puntos de inicio para las reacciones químicas (Yuri, y otros, 2024).

En el contexto de matrices cementicias, estas nanopartículas atraen los productos de hidratación, acelerando el fraguado y ordenando la estructura interna del material desde el nivel atómico. Bajo este concepto, un nanomaterial se define como un modificador de la microestructura, capaz de densificar la matriz y reducir la porosidad mediante efectos físicos tal como relleno y químicos como aceleración de reacción, resultando en un desempeño macroscópico superior (Alvansazyasdi et al., 2022).

2.3.8.1 Tipos de Nanomateriales

Nanomateriales Inorgánicos (Óxidos Metálicos)

Esta categoría es la más relevante para la industria de la construcción y abarca a las nanopartículas de óxidos metálicos y no metálicos, como la nano-sílice, el nano-dióxido de titanio y la nano-alúmina (Alvansazyazdi, y otros, 2025).

Según Zaid O. et al. (2023), estos materiales se caracterizan por su alta estabilidad térmica y química. En matrices de cemento, actúan principalmente a través del "efecto de relleno" y la reacción puzolánica, transformando el hidróxido de calcio el cual es débil en silicato de calcio hidratado (C-S-H), el cual es responsable de la resistencia mecánica. A diferencia de los materiales orgánicos, estos no se degradan con el tiempo, garantizando la durabilidad de la infraestructura.

Nanomateriales Basados en Carbono

Estos materiales están compuestos por alótropos de carbono y son famosos por sus propiedades mecánicas excepcionales. Bajo la perspectiva de Chougan et al. (2024), los describen como estructuras que poseen una relación de aspecto (largo vs. diámetro) extremadamente alta.

Nanocompuestos

Más que un material puro, este es el "tipo" de material que resulta de la ingeniería aplicada. Un nanocompuesto se define como un sistema multifase donde una matriz macroscópica (como el cemento, polímeros o cerámica) es reforzada con uno o más tipos de nanomateriales (fase dispersa). La clave de este tipo de material es la interfaz: debido a la enorme superficie de las nanopartículas, se crea una zona de interacción masiva entre la matriz y el refuerzo, logrando propiedades sinérgicas que superan la simple suma de sus partes (Alvansazyazdi, y otros, 2024).

2.3.8.2 Importancia de Nanomateriales

La importancia crítica de los nanomateriales en la actualidad reside en su capacidad para actuar como el "eslabón perdido" entre la ciencia molecular y la ingeniería civil práctica. Su integración en la industria no es una mera mejora incremental, sino una transformación

fundamental que permite romper las limitaciones físicas tradicionales de los materiales de construcción (Khorami, y otros, 2017).

La literatura actual dice que esto se sustenta en varios pilares, estos son:

Superación de los Límites Mecánicos

En este pilar, Han, Ding, & Yu (2024) destacan que la incorporación de nanomateriales tales como nano-sílice o nanotubos, permite crear hormigones de ultra alto desempeño los cuales serán significativamente más ligeros, pero más resistentes y dúctiles.

Esto es vital para la construcción de mega estructuras y edificaciones en zonas sísmicas, donde la reducción de la masa inercial es una prioridad de seguridad (Montoya et al., 2023).

Protagonismo en la Economía Circular y Sostenibilidad

Valorar los residuos podrá ser lo más importante en el presente siglo y a futuro.

La nanotecnología permite transformar desechos agroindustriales tales como la cáscara de arroz o exoesqueletos de camarón usados en aditivos de alto valor tecnológico, en lugar de ser quemados o vertidos (Alvansazyazdi & Rosero, 2019).

De acuerdo con lo expuesto por Gupta et al. (2023) argumentan que la "Nanotecnología Verde" es esencial para reducir la huella de carbono de la industria del cemento este que es responsable del 8% del dióxido de carbono a nivel mundial, ya que pequeñas dosis de nanomateriales pueden reducir la cantidad de Clinker y no afectar su resistencia.

Económica y Durable

La importancia económica radica en el ciclo de vida. Los materiales convencionales sufren degradación por humedad, cloruros y carbonatación. Al generar la microestructura a nivel nanométrico, se crea una barrera casi impermeable. Esto extiende la vida útil de puentes y

carreteras en décadas, reduciendo los costos multimillonarios de mantenimiento correctivo que asumen los gobiernos (Zakaria, y otros, 2014).

2.3.8.3 Nanopartículas Comerciales

Para la comercialización en la construcción se comercializa en el mercado nanopartículas para aditivos como:

2.3.8.3.1 Nanopartículas de Grafeno

Según la caracterización reciente de Phiri et al. (2023), las nanopartículas de grafeno se definen como nanopartículas compuestas por el apilamiento de múltiples láminas de grafeno “generalmente entre 10 y 60 capas”, con un espesor total que varía en el rango de los nanómetros inferiores a 100 nm, pero con un diámetro lateral que se extiende a la escala micrométrica.

Propiedades Físico-Mecánicas

Al añadir partículas de nano grafeno en matrices compuestas se justifica por sus propiedades intrínsecas, su característica más relevante para materiales de construcción es su altísima superficie específica (Alvansazyazdi, y otros, 2024).

2.3.8.3.2 Nanopartículas de Hierro

Las nanopartículas de óxido de hierro se definen como estructuras inorgánicas con dimensiones inferiores a 100 nm, caracterizadas por una morfología generalmente esférica y una alta superficie específica (Qureshi et al., 2023).

Según Bhattacharya & Das (2023), una propiedad distintiva de estos nanomateriales es su comportamiento super magnético a temperatura ambiente (dependiendo del tamaño de partícula), lo que permite que el material compuesto final interactúe con campos electromagnéticos, abriendo la puerta a hormigones con capacidades de "blindaje".

Al momento de añadir Nano hierro en el concreto, este activa mecanismos de refuerzo que demuestran la diferencia con la nano sílice común. Siyue et al. (2023) nos relatan los siguientes efectos sinérgicos:

Las partículas funcionan como centros de nucleación para los hidratos del cemento, causando la aceleración de la formación de gel rellenando los nano poros.

Se ha demostrado que la adición dosificada de óxido de hierro (típicamente entre 1% y 3% en peso), resulta en un aumento de la resistencia a la compresión del 15 al 25% y una mejora notable en la resistencia a la flexión (Khan, Cao, & Ali, 2024).

2.3.8.3.3 Nanopartículas de Alúmina

Las nanopartículas de óxido de aluminio, comúnmente denominadas Nano-Alúmina según Alvansazyasdi et al. (2022), representan uno de los aditivos inorgánicos más eficaces para la modificación del módulo elástico y la resistencia a la abrasión en matrices cementicias. A diferencia de la sílice, que actúa principalmente sobre la resistencia a la compresión, la nano-aluminio destaca por mejorar la rigidez y la estabilidad térmica del material compuesto.

En el texto de Shakiba et al. (2023), debido a su alta energía superficial le confiere una reactividad puzolánica única, quiere decir que no solo rellena los poros físicos, sino que reacciona con el Hidróxido de Calcio para formar geles aluminosilicatos, los cuales son polímeros inorgánicos más densos y complejos que el gel de hormigón tradicional.

Al incorporar Nano Aluminio en los hormigones y morteros, este activa mecanismos específicos, entre los más importantes se encuentran: Resistencia a altas temperaturas, abrasión y el control de la porosidad capilar (Kaur, Singh, & Kaushik, 2023).

2.3.8.3.4 *Nanopartículas de Arcilla (Nanoarcillas)*

La nanoarcilla más utilizada en ingeniería es la montmorillonita (MMT). Su estructura se define por láminas con un espesor aproximado de 1 nanómetro y dimensiones laterales que pueden alcanzar varios cientos de nanómetros. Según Yadav et al. (2024), estas nanopartículas se clasifican como nanomateriales bidimensionales “2D” y su efectividad depende del grado de exfoliación (separación de las láminas) alcanzado durante el proceso de mezclado, lo que permite que las láminas individuales se dispersen homogéneamente en la matriz.

Al contrario de otros nanomateriales, las nanoarcillas son las encargadas de aportar beneficios fundamentales relacionados con la durabilidad y la viscosidad, los cuales son descritos por (Jithin et al., 2018).

Modificación Reológica: La nanoarcilla aumenta el límite de fluencia del concreto en su estado fresco, esto es fundamental para los usos modernos, un claro ejemplo es la impresión 3D de hormigón, en donde los materiales fluyen bajo presión y se endurecen de manera extremadamente rápida al ser depositado.

Desempeño y Sostenibilidad

En la información de Zaid et al. (2023) recomiendan que la adición de nanoarcillas en porcentajes bajos, como por ejemplo “entre 1% y 3% “, puede sustituir parcialmente al cemento sin comprometer la resistencia que es lo que más buscamos, lo que reduce la huella de carbono del material haciéndolo amigable con el planeta. Por ende, se ha demostrado que mejoran la cohesión de las mezclas evitaban la segregación y el sangrado en concretos de alta fluidez.

2.3.8.3.5 *El Nano-Metacaolín (NMK)*

Para Ahmed (2024) el Nano Metacaolín se distingue de las puzolanas convencionales no general por su tamaño de partícula, además por su geometría laminar nanoestructurada. Al

contrario de que las partículas de Metacaolín estándar tienen un tamaño micrométrico, el nano Metacaolín presenta una reducción dimensional que altera drásticamente la cinética de las reacciones químicas dentro de la pasta de cemento o yeso (Ren, Zhang, & Li, 2023).

Durabilidad y Resistencia Química

La incorporación de Nano-Metacaolín otorga una protección superior contra entornos agresivos. Oshone et.al (2023) explican que el refinamiento de poros inducido por el nano-Metacaolín interrumpe la continuidad de los canales capilares, esto genera la resistencia al ataque de Sulfatos, en donde al reducir la cantidad de aluminatos libres y densificar la matriz, se evita la formación de las grietas en estructuras enterradas.

2.3.8.4 Nanopartículas residuos orgánicos

2.3.8.4.1 Nanomateriales de Origen Biogénico y Agroindustrial

Según Gupta et al. (2023), la síntesis de nanomateriales a partir de residuos orgánicos representa la frontera de la construcción sostenible. Estos materiales, denominados precursores biogénicos, permiten obtener nanopartículas de alta pureza con una huella de carbono negativa. En la presente investigación, se identifican dos grupos funcionales: los basados en sílice arroz y bambú y los basados en carbonatos y polímeros naturales camarón y concha.

Sílice Biogénica: Cáscara de Arroz y Hojas de Bambú

De acuerdo con lo estipulado por Zurita et al. (2025) las cenizas obtenidas de la combustión controlada de la cáscara de arroz y las hojas de bambú son fuentes ricas en dióxido de silicio en fase amorfa.

- A escala nanométrica, esta sílice biogénica posee una reactividad puzolánica superior a la sílice mineral. Según, el nano-sílice obtenido del bambú y el arroz rellena los microporos

de la matriz de yeso o cemento, reaccionando con la Portlandita para formar geles adicionales (Alvansazyazdi, y otros, 2025).

- El bambú tiene varios veneficios, pero una de las más destacadas es que por su rápido crecimiento, este otorga nano sílice con una superficie específica y que ayuda a optimizar su resistencia mecánica temprana (Prasad, Yadav, & Singh, 2024).

Nanocompuestos de Cascara de camarón

Según Alvansazyazdi et al. (2025) el residuo producido por la cascara de camarón se le considera un residuo complejo que aporta dos componentes importantes tales como carbonato de Calcio y Quitina.

La quitina extraída en forma de nano cristales actúa como un refuerzo estructural, estas nano fibras orgánicas mejoran la tenacidad del yeso, actuando como puentes que detienen la propagación de fisuras a nivel molecular, similar al efecto del óxido de grafeno, pero con un costo ambiental nulo (Gupta et al., 2025).

El carbonato de calcio biogénico del camarón acelera la cinética de hidratación del yeso, reduciendo los tiempos de fraguado en moldes arquitectónicos (Alvansazyasdi et al., 2022).

Polvos de Concha Negra

Las conchas negras son depósitos naturales de alta densidad; el polvo de concha negra al ser procesado a la escala nanométrica funciona como un agente densificador, su estructura es cristalina y por ende mejora la dureza superficial (Mejía et al., 2024).

2.3.9 Aplicación de Nanotecnología en el mundo

La nanotecnología se ha consolidado como el motor de innovación más disruptivo del siglo XXI. Su capacidad para manipular la materia a escala atómica ha permitido el diseño de materiales

con propiedades mecánicas, ópticas y eléctricas que no existen en la naturaleza a escala macroscópica. Según, Alvansazyazdi et al. (2022), la aplicación de la nanotecnología no es solo una evolución técnica, sino un cambio de paradigma que afecta la sostenibilidad global y la eficiencia de los recursos.

2.3.9.1 Medicina y Nano biotecnología

En salud es uno de los mayores beneficiarios de la escala nanométrica. Las aplicaciones se centran en tres áreas críticas:

Para el Sistemas de Liberación de Fármacos: Uso de nanopartículas lipídicas y dendrímeros para transportar medicamentos directamente a células cancerígenas, reduciendo efectos secundarios (Pilamunga et al., 2025).

Usado en Teranóstica: Combinación de diagnóstico y terapia en una sola nanoestructura. Según Almeida y Cabezas (2024), el uso de puntos cuánticos permite visualizar tumores en tiempo real mientras se libera el tratamiento.

2.3.9.2 Sostenibilidad Ambiental

La crisis energética global ha encontrado en la nanotecnología soluciones de alta eficiencia:

Celdas Fotovoltaicas de Tercera Generación: El uso de nanotubos de carbono ha elevado la eficiencia de los paneles solares, superando los límites del silicio tradicional.

Almacenamiento de Energía: Nanomateriales de grafeno en baterías de ion-litio permiten cargas ultrarrápidas y una vida útil prolongada (Yadav V. K., 2024).

2.3.9.3 Ingeniería Civil y Arquitectura Avanzada

En el contexto de la construcción, la nanotecnología ha permitido el desarrollo de los llamados Materiales Inteligentes.

Hormigones de alto Desempeño: al integrar nano sílice y nano aluminio, se densifica la estructura, obteniendo estructuras con una vida útil mayor a los 99 años (Alvansazyazdi et al., 2022).

Superficies Auto limpiantes y Foto catalíticas: El uso de Nanopartículas de Dióxido de Titanio en fachadas, permite la degradación de contaminantes atmosféricos mediante la luz solar, contribuyendo a la purificación del aire urbano (Baig et al. , 2021).

Sensores Intrínsecos: Materiales que, gracias al grafeno, pueden detectar fisuras internas y enviar señales eléctricas antes de que ocurra un colapso estructural.

Electrónica

La miniaturización de transistores mediante la litografía ultravioleta extrema ha permitido que los procesadores modernos contengan miles de millones de componentes en pocos milímetros cuadrados (Flores. & Guzmán, 2023).

2.4 Antecedentes Investigativos:

2.4.1 Herramientas Didácticas para la Enseñanza de la Nanotecnología

En el ámbito de la didáctica de las ciencias emergentes, la revisión de la literatura y recursos existentes revela una tendencia clara hacia la materialización de conceptos abstractos mediante "kits" experimentales. Diversas iniciativas, tanto académicas como comerciales, han validado el uso de la tangibilidad para mejorar la comprensión de fenómenos a nano escala. Un referente principal en este campo es el Nano Kit, desarrollado por el programa Nano Educa, en donde se da una propuesta interdisciplinaria, la cual busca conectar la teoría científica con aplicaciones tecnológicas reales (NanoEduca, s.f.).

Según NanoInventum (s.f.), también tenemos como referencia el kit Nano Explora, vinculado a la Universidad de Barcelona, que ha demostrado la efectividad de introducir la

nanotecnología mediante actividades interdisciplinarias que estimulan la curiosidad científica desde la educación primaria.

Según Thames & Kosmos (s.f.) a nivel internacional, la oferta de recursos se expande hacia enfoques más técnicos y de divulgación masiva, incluyendo también a NISE Network, que ha establecido un estándar en la educación informal con su colección NanoDays, ofreciendo módulos de bajo costo sobre películas delgadas y propiedades de superficie (NISE Network, s.f.).

Sin embargo, a pesar de la robustez pedagógica de estos referentes, el análisis crítico revela un vacío significativo: la mayoría de estos recursos están diseñados para la divulgación general, la educación básica o la física pura. No se identifican herramientas que contextualicen estos fenómenos específicamente para la ingeniería civil, abordando la aplicación de nanomateriales en matrices de cemento, asfaltos o aceros estructurales. Esta carencia valida la necesidad de desarrollar una propuesta didáctica que adapte las metodologías probadas de visualización y experimentación a las exigencias técnicas y curriculares de la industria de la construcción.

2.5 Marco Legal

La presente investigación se fundamenta en un conjunto de disposiciones legales y normativas técnicas que regulan tanto el sistema de educación superior como los estándares de calidad en la construcción y el uso de materiales industriales en el territorio ecuatoriano.

2.5.1 Constitución de la República del Ecuador

La norma suprema del Estado establece la base para el desarrollo científico y tecnológico del país. Según la Asamblea Constituyente del Ecuador (2008), en su Art. 385, el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tiene como finalidad generar, adaptar y difundir conocimientos científicos, así como impulsar la investigación básica y aplicada. Asimismo, el Art. 387 determina

que es responsabilidad del Estado facilitar la transferencia tecnológica y la generación de conocimiento orientado a la satisfacción de necesidades nacionales.

2.5.2 Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)

El diseño del kit educativo para ingeniería civil se alinea con los principios de calidad y pertinencia. De acuerdo con la Asamblea Nacional del Ecuador (2018), en su Art. 13, establece que las instituciones de educación superior tienen la función de garantizar la formación profesional y técnica con base en la investigación científica. De igual forma, el Art. 107 define el Principio de Pertinencia, el cual obliga a que las carreras respondan a las expectativas de la sociedad, integrando tecnologías de vanguardia como la nanotecnología para elevar el nivel de la industria nacional.

2.5.3 Reglamento de Régimen Académico

Este reglamento, emitido por el Consejo de Educación Superior, orienta la aplicación de metodologías de enseñanza prácticas. El Reglamento de Régimen Académico, de acuerdo con el Consejo de Educación Superior (2022), en su Art. 26, promueve el aprendizaje basado en la experimentación y la investigación, permitiendo que el estudiante desarrolle competencias en la manipulación de nuevos materiales mediante recursos didácticos innovadores como el kit objeto de este estudio.

2.5.4 NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Según MIDUVI (2015), debido a las investigaciones acerca del yeso como un material clave para la aplicación en la nanotecnología, se consideran las directrices de la NEC 2015:

NEC-SE-CG (Cargas no sísmicas): Encargada de regular los pesos propios de los materiales.

NEC-HS-EE: Es la norma que establece parámetros para aislamiento térmico.

El uso de la nanotecnología en yeso. Busca optimizar la propiedad del material para poder cumplir con los estándares de confort exigidos por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

2.5.5 Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

Para garantizar la validez técnica de los ensayos realizados con el kit, se aplican las normativas específicas para el yeso emitidas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN):

NTE INEN 1684 (2014): Proporciona la base conceptual y terminología obligatoria para la clasificación de los materiales de yeso en la construcción (INEN, 2014).

NTE INEN 1688 (2014): Define los métodos estándar para realizar ensayos físicos, tales como la determinación de la consistencia, el tiempo de fraguado y la resistencia mecánica del yeso (INEN, 2014).

NTE INEN 1685 (2014): Especifica los requisitos de calidad y pureza que deben cumplir los productos de yeso para ser comercializados y aplicados en obras de ingeniería civil en el Ecuador (INEN, 2014).

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación: Proyecto de Investigación Aplicada.

La investigación se define como un Proyecto de investigación aplicada, cuyo objetivo central es el diseño, desarrollo y construcción de un prototipo físico funcional denominado "Kit Educativo Progresivo". Buscando como plan disminuir considerablemente las barreras de

aprendizaje en nanotecnología, generando recursos didácticos para que mejoren el aprendizaje de conocimiento técnico en entornos estudiantiles realistas y actuales.

3.2 Tipos de Investigación

Investigación Bibliográfica: Consiste en la búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información de datos bibliográficos, será usada para una minuciosa recolección y revisión exhausta de libros y artículos científico.

Investigación Experimental: Basándonos en la realización de ensayos controlados de variables con experimentos prácticos en tres niveles básico, intermedio y avanzado, usando primordialmente tanto nanopartículas comerciales como residuos orgánicos para observar cambios en las propiedades físicas y mecánicas del yeso.

3.3 Población y Muestra: Define con cuántos estudiantes harás el piloto

Población: Comprendiendo a los estudiantes del sistema educativo de la ciudad de Manta, en niveles de Educación Superior en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Toma de muestra: Se encuestó a una población de 40 estudiantes para la ejecución de nuestro plan piloto del Nano Kit Educativo, los participantes son estudiantes de la ULEAM, evaluados sobre los niveles básico, intermedio y avanzado del Nano Kit Educativo.

3.4 Instrumentos y técnicas aplicadas:

Para recolectar los datos y validar su efectividad, se emplearon las siguientes herramientas:

Encuestas: Para realizar estas encuestas se realizarán cuestionarios al finalizar la presentación del Nano Kit Educativo.

Observación de experimentos: Este instrumento se utilizó para tomar los registros de los fenómenos observados en los talleres.

Fichas de Registro: En esta sección se van a registrar los resultados de los talleres realizados, y de los videos observados por los estudiantes.

3.5 Consideraciones sobre propiedad intelectual y uso de la metodología

En el contexto del desarrollo de proyectos de investigación y propuestas tecnológicas, la protección de los activos intangibles es fundamental para garantizar el reconocimiento del esfuerzo creativo y técnico.

3.5.1 *Procedimiento para el registro de propiedad intelectual en Ecuador*

De acuerdo con la Asamblea Nacional del Ecuador (2016), el proceso de registro de una obra o invención en el país se rige principalmente por el Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, de manera general, el procedimiento consta de las siguientes etapas:

Categorización del activo: Identificar si el producto de la investigación constituye una obra literaria/científica, un diseño industrial o una patente de invención.

Registro: La solicitud se podrá generar online en la plataforma de SENADI, enviando toda la documentación necesaria como: documentación técnica, formularios de descripción y comprobante de pago de las tasas.

Prueba de forma y fondo: Aquí se evaluará toda la información ingresada, con el fin de verificar todo correspondientemente.

Publicación: En este parámetro se genera el título de registro que se le otorga por derecho al autor del proyecto.

3.6 Procesamiento de recursos naturales locales como base del kit educativo

Para la obtención de los precursores en polvo necesarios para las prácticas de nanotecnología, se llevó a cabo un protocolo de transformación física y térmica. El proceso se detalla a continuación de manera secuencial:

3.6.1 Fase 1: Recolección y Limpieza Inicial

Los materiales fueron recolectados de diversas fuentes: los desechos marinos como cáscara de camarón y concha negra, provinieron de centros de comida de las playas de Manta; mientras que los residuos agroindustriales hoja de bambú y cáscara de arroz, se obtuvieron de zonas de cultivo en fincas de la provincia.



*Ilustración 2 Recolección de Hoja de Bambú.
Fuente: Propia*



*Ilustración 3. Recolección de Cascara de Arroz.
Fuente: Propia*

Desechos marinos: Empezamos limpiando correcta y repetidamente con agua destilada y una solución de hipoclorito de sodio al 1% para eliminar restos de tejido orgánico, impurezas y eliminar un poco el aroma residual.



*Ilustración 4. Limpieza de Desechos Marinos (Concha Negra).
Fuente: Propia*

Desechos vegetales: Se realizó una limpieza y segregación la materia agrícola de tierra, piedra y otros residuos que contiene la muestra tomada para eliminar todo contaminante no necesario.

3.6.2 Fase 2: Deshidratación Térmica

Usamos bandejas de dimensiones necesarias de materia acero inoxidable, los cuales resisten de manera eficaz la temperatura de la estufa.

Se introdujo a la estufa con una temperatura de 60 grados centígrados, para un tiempo de 48 horas para cada material.

Con esto se pudo eliminar la humedad interna de cada material tratado, lo cual favorece la generación del polvo y posteriormente el tamizado.



Ilustración 5. Secado de desechos agrícolas y marinos.

Fuente: Propia

3.6.3 Fase 3: Molida y triturada de materia prima

Después de retirar el material orgánico en este caso los residuos marinos, continua con la disminución de tamaño, hasta pasar por el tamiz #100.

Molienda: Las piezas grandes como estas, especialmente la concha negra y los tallos de bambú fueron fragmentadas manualmente para facilitar su ingreso al molino.

Pulverización: Se empleó la Máquina de los Ángeles de la Facultad de Ingeniería Civil, la cual nos ayudó a pulverizar la concha negra en fragmentos más finos.

En el caso del bambú y la cáscara de arroz, se buscó la liberación de fibras de celulosa y partículas de sílice (Rodríguez & Sánchez, 2020).



Ilustración 6. Trituración de Concha negra en Máquina los Ángeles.

Fuente: Propia



Ilustración 7. Pulverización Manual de Casca de Camarón.

Fuente: Propia

3.6.4 Fase 4: Tamizado y Resultado Final

En busca de la eficacia de los materiales que implementamos en el kit educativo, el polvo obtenido se pasó por un Tamiz #100. Dando resultado cuatro polvos precursores con granulometría uniforme, preparados para ser caracterizados y utilizados en los experimentos de la tesis.



Ilustración 8. Tamizado de Desechos Agrícolas y Marinos.

Fuente: Propia



Ilustración 9. Clasificación de Polvos Obtenidos.

Fuente: Propia

3.7 Estrategias de implementación en la malla curricular

La implementación del Nano Kit educativo tiene como objetivo que el estudiante logre comprender los conocimientos conceptuales (Nivel Básico), hasta la modificación técnica de materiales cementicios con nanopartículas comerciales (Nivel Intermedio), y, finalmente, al diseño de alto desempeño de estos materiales mediante polvos de desechos agrícolas y marinos, que logren optimizar las propiedades de estos (Nivel Avanzado).

3.7.1 Desarrollo del Módulo de Aprendizaje

El desarrollo del módulo de aprendizaje del Kit educativo de Nanotecnología se divide en 3 niveles, conjuntamente de experimentos secuenciales para las diferentes asignaturas:

✓ Nivel Básico: Ensayo de Materiales

En esta primera fase del Kit, se integra a la asignatura de ensayo de materiales con el tema Fundamentos de la Nanotecnología, está conformado por 26 experimentos en donde se explica como cambiar la visión tradicional de la construcción y presentar una nueva forma de ver la ingeniería, como una Ingeniería civil Moderna.

Aplicación: Demostración de experimentos sencillos, aplicativos en conceptos fundamentales de ingeniería civil, como: áreas y volúmenes, densidad de los materiales, recubrimientos, filtros y tratamiento de aguas residuales, efecto loto, entre otros.

Especificación: El estudiante debe identificar como mediante la nanotecnología se puede interpretar la degradación temprana de la infraestructura, desde la creación del proyecto.

Resultado esperado: Estudiantes logren comprender los conceptos fundamentales de Nanotecnología, el impacto de los nanomateriales y su aplicación en la ingeniería civil.

✓ **Nivel Intermedio: Ensayo de Materiales**

En este nivel el kit se integran 14 experimentos en la asignatura de Ensayo de materiales, con el tema Funcionalización de materiales cementicios mediante el uso de Nanopartículas comercializadas, se utilizan nanopartículas comerciales: Nano arcilla, Nano grafeno, Nano hierro, Nano Aluminio, Nano Silice y Nano Metakaolin, para modificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales cementicios.

Aplicación: Modificación de la porosidad, capilaridad y resistencia.

Especificación: Visualización de ángulo de contacto, resistencia de matriz cementicia, desgaste superficial, absorción capilar, endurecimiento y magnetismo. El Kit cuenta con Nanopartículas comerciales que aportan modificaciones en los materiales cementicios, que los aditivos comunes no alcanzan.

Resultado esperado: Informe técnico de laboratorio basado en resultados de ensayos con matrices cementicias modificadas mediante nanopartículas comercializadas.

✓ **Nivel Avanzado: Tecnología del hormigón**

Este nivel cuenta con 12 ensayos, este es el punto en donde dejamos a un lado las nanopartículas comerciales, y las fabricamos nosotros mismos, mediante residuos de desechos

agrícolas (cáscara de arroz y hoja de bambú), y desechos marinos (concha negra y cascara de camarón).

Aplicación: Modificación de la porosidad, capilaridad y resistencia.

Actividad con el Kit: Incorporación nanopartículas agro-marinas en materiales cementicios, para comparar sus modificaciones con respecto a una muestra control. El kit incluye polvos de residuos agrícolas y marinos para realizar los ensayos.

Especificación:

- **Propiedades mecánicas:** El estudiante diseña una mezcla donde el carbonato de calcio de la concha negra aumenta su dureza superficial y resistencia, además podrá comparar mediante una prueba de impacto la tenacidad de los materiales cementicios modificados.
- **Propiedades físicas:** El estudiante puede evidenciar que al agregar un material naturalmente liviano como el polvo de cáscara de arroz a la muestra cementicia, disminuye su peso y densidad. Además, podrá comparar la capacidad de absorción de agua (succión de vacíos) por peso propio, ángulo de contacto, capilaridad, entre otros.

Resultado esperado: Informe técnico con dosificaciones específicas de materiales modificados, tabla comparativa de resultados de propiedades físicas y mecánicas, análisis crítico de estudiantes y recomendaciones de ensayos.

✓ **Tecnología de hormigón: “El futuro de la Nanotecnología en la construcción”**

El Nano Kit educativo, a más de ser una herramienta didáctica y accesible para los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, abre las puertas a las investigaciones y prácticas futuras sobre hormigones modificados con nanopartículas comerciales y agro-marinas, con la finalidad

que el alumnado ponga en práctica todos los conocimientos introductorios y técnicos adquiridos en prácticas futuras, tales como:

Hormigón de Alta Reflectancia Térmica y Disipación de Calor basado en Polvo de Concha Negra

Propuesta: Investigar el aprovechamiento del color blanco y brillante del polvo de concha negra, además de su composición mineral para crear fachadas y pavimentos que no sean capaces de absorber el calor.

Impacto: Este hormigón al ser refractante por la acción de la concha negra, ayuda a disminuir la temperatura de las ciudades costeras, logrando optimizar y reducir el uso del aire acondicionado, y ser más sostenible con el medio ambiente.

Aplicación de Nanotubos de Carbono en sensores

Propuesta: Investigar el uso de nanotubos de carbono o grafeno (que podrían incluirse en versiones avanzadas del kit) para dotar al hormigón de conductividad eléctrica.

Valorización de Residuos Locales de Manabí

Propuesta: Estandarizar el uso de la cáscara de camarón de las industrias locales de Manabí como un aditivo estandarizado para mejorar la tenacidad del hormigón frente a eventos sísmicos.

4 CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Diseño inicial del Kit:

Este kit se articula en una estructura progresiva de tres niveles. Con esta secuencia se permite que el estudiante comprenda desde lo básico conceptual hasta la manipulación tecnológica avanzada, integrando principios de física, química verde y ensayo de materiales y diseño de hormigón.

4.1.1 Nivel Básico: Comprensión de Escala, Geometría y Fenómenos Físicos

El objetivo de este primer nivel es mediante las investigaciones realizadas, comprender el significado e importancia de la Nano escala. Se combinan dinámicas duales para la asimilación de magnitudes con experimentos físicos que demuestran comportamientos únicos de la materia a esta escala, además es fundamental para la materia de investigación Aplicada por su función introductoria de los conceptos esenciales de la nanotecnología en la ingeniería Civil.

4.1.2 Nivel Intermedio: Nanotecnología Comercial

El nivel final introduce el uso de nanomateriales sintéticos comerciales para lograr modificaciones de alto desempeño en materiales de construcción.

A. Modificación Mecánica

Resistencia al impacto de caída:

El impacto controlado de un mazo desde 30 cm de altura sobre cubos de 1 cm.

Resultados:

Yeso Normal: Su fractura fue inmediata y tuvo una fragmentación total.

Yeso + Nanoarcilla/Nano hierro: EL cubo de yeso con nanoarcilla presentó fisuras controladas a diferencia del yeso normal que tuvo una fragmentación completa.

Yeso+ Grafeno y Yeso+ Nano Aluminio: Al realizar esta mezcla el yeso con refuerzo de grafeno y nano aluminio dio como resultado una pérdida de masa menor y rayaduras más superficiales que la muestra control, concluyendo así su aplicación en recubrimientos.

B. Propiedades Físicas

Mojabilidad:

Al agregar nanopartículas de Grafeno y Nano aluminio aumentó la hidrofobicidad con ello el ángulo de contacto, haciendo que las gotas de agua se mantuvieran más elevadas y definidas, logrando repeler la humedad.

Mostro un aumentó la densidad el Nano sílice y la Nanoarcilla, redujeron la absorción de agua, debido a su cierre de poros capilares.

Funcionalidad Magnética:

Experimento: Incorporación de Nano hierro en la masa de yeso.

Observación: El cubo de yeso de 1cm respondió a los campos magnéticos externos, se utilizó un imán para permitir su desplazamiento sin tener ningún tipo de contacto.

4.1.3 Nivel Avanzado: Residuos de desechos agrícolas y marinos

Este nivel representa un componente de enfoque sostenible, y economía circular de nuestro proyecto, se caracteriza por la síntesis de residuos de desechos agrícolas y marinos, para su posterior incorporación en el yeso, y así modificar sus propiedades físicas y comparar resultados.

A. Caracterización de Aditivos Marinos

Polvo de Cáscara de Camarón vs. Arena:

Experimento de Sedimentación: Al colocar Polvo de Cascara de Camarón y arena en el agua de manera simultánea, podemos observar que la arena tiene una sedimentación rápida, a diferencia del polvo de camarón que forma una suspensión fina, esto debido a su baja densidad.

Polvo de Concha negra

Experimento de Precipitación: Al realizar las pruebas de sedimentación, y mezclar el PCN, podemos observar que existe un descenso inmediato y acelerado de las partículas al fondo del recipiente, a diferencia de lo que ocurre con el polvo de arroz y camarón.

Polvo de Cáscara de Arroz:

Suspensión Coloidal: La mezcla de Polvo de Cáscara de arroz en agua genera un efecto de "agua ahumada", se evidencia las partículas de sílice muy ligeras permaneciendo en suspensión.

Polvo de Bambú - El Escudo Invisible:

Este nivel incluye ensayos muy atractivos, tenemos uno de ellos es El escudo Invisible que nos muestra la eficiencia del polvo de bambú debido a su hidrofobicidad.

B. Modificación de cubos de Yeso

Aligeramiento Estructural:

Se realizaron varios ensayos con cubos de yeso y agregados de residuos agrícolas y marinos, entre ellos destacan el del Yeso con Polvo de concha negra, demostrando su mejora al rayado del clip, y ensayos en cubos de yeso con polvo de camarón, en dónde se evidencia la impermeabilidad del material.

4.2 Diseño del Manual Multimedia:

El manual fue creado con el objetivo de ser una herramienta interactiva, que combina los conceptos teóricos con el diseño audiovisual.

Su objetivo fundamental es poder guiar al estudiante, mediante la experimentación con materiales básicos, nanomateriales comercializados y agro/marinos sin la necesidad de alguna supervisión continua.

Este manual está constituido por un eje práctico y diseñado como una herramienta de intercambio de conocimientos para introducir a estudiantes al campo de la nanotecnología.

El manual está integrado por 52 experimentos totales, divididos en los 3 niveles progresivos ayudando a cada participante aprende de manera eficaz.

- Nivel Básico conformado por 26 experimentos introductorios a la nanotecnología.
- Nivel intermedio conformado por 14 experimentos de enlaces de átomos de carbono y yesos más la adición controlada de nanopartículas comercializadas.
- Nivel avanzado con 12 experimentos enfocados en sostenibilidad, agregando ensayos con yeso más polvo de residuos orgánicos.

4.2.1 Diseño del Manual Multimedia e Integración de Recursos Digitales

El manual del kit no se concibe como un texto estático, sino como una interfaz dual que conecta la experimentación física con el soporte digital. Para lograr esto, se implementó un sistema de Códigos de Respuesta Rápida (QR) vinculados a una biblioteca de videotutoriales alojada en la nube.

4.2.2 Funcionamiento Técnico de los Códigos QR

Los códigos QR funcionan como hipervínculos físicos que permiten el acceso inmediato a información multimedia complementaria.

Protocolo de Acceso: Será muy fácil acceso, ya que con un teléfono podrá hacer uso del código QR presente en el manual que se colocó en el título de cada experimento. El código QR redirige automáticamente al usuario al reproductor de video, facilitando así la necesidad de buscar o escribir cualquier sitio web que este guardado.

4.2.3 Estructura y Producción de los Videos Tutoriales

Estos vídeos se diseñaron minuciosamente para su entendimiento total ya que genera una guía visual del procedimiento paso a paso de cada experimento, el tiempo de duración de cada video no son tan extensos, tienen una duración no mayor a los 3 minutos, iniciarán con la presentación de cada material que se usará en cada experimento y, se explicará de manera clara cada paso de cómo llegar al resultado esperado.

4.2.4 Justificación Pedagógica del Sistema

La integración QR/Video responde a la necesidad de atender diversos estilos de aprendizaje, especialmente el visual y el kinestésico. Mientras el texto del manual ofrece el rigor científico y las fórmulas teóricas, el video tutorial reduce la ambigüedad en la ejecución práctica.



Ilustración 10 hojas de Manual

4.3 Construcción del Prototipo:

Al crear el prototipo del empaque o caja física del nano kit, fue la fase de materializar la idea del proyecto, ese se ejecutó por principio de diseño modular y sostenible ya que al emplear

residuos concientizamos que el uso de material Específico puede generar sinnúmero de beneficio a la estructura de materiales.

Selección de cada material

Se inició la recolección de los materiales seleccionado ya sea los residuos marinos y agrícolas, tratados minuciosamente para obtener el polvo que se incorpora en el nano kit educativo, este polvo tamizado por tamiz #100 permite su comportamiento como aditivo del yeso.

Ensamblaje y diseño

En la creación de la caja que contendrá todos los materiales se tomó en cuenta el peso que tiene que soportar y las dimensiones adecuadas necesarias para tener un diseño atractivo y visual.

Espacios

En el interno de la caja fuerte ordenado todos los materiales armónicamente para el uso y mecanismo, teniendo sección de nanopartículas, sección de polvos de residuos, sección de materiales comunes y además un espacio adecuando para los juegos didácticos.

Diseño externo

La creación del diseño se inspiró en imágenes relacionas con la nanotecnología y textos informativos de lo que contiene el kit, con recomendaciones para su uso y restricciones claras. también se agregó información de contacto como forma de interacción para dudas o recomendaciones.

Incorporamos herramientas de medición exacta como lo es una gramera que puede dar pesos de hasta 100 gramos, la cual será usada en los experimentos que requieren una gratificación exacta.

- **Instrumento:** Herramientas de mezclado y pesaje.
- **Conexión:** El manual multimedia físico con integración de códigos QR.



Ilustración 11 caja de Kit educativo

5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Ejecución del Piloto: Describe el taller que realizaste con los estudiantes.

Este taller piloto y validación resultados se llevó a cabo en estudiantes de educación superior, su ejecución se realizó con estudiantes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Civil.

Presentación de videos tutoriales: Se presentaron los vídeos de experimentos del Nano Kit, los cuales sirvieron como apoyo visual, antes de dirigirnos a la práctica manual.

Se realizaron talleres prácticos, donde los estudiantes interactuaron con Nanopartículas como el Nano Hierro, y se dieron cuenta del efecto que esta causa en los materiales de construcción.

Juegos Didácticos: Se implementaron juegos dinámicos con los estudiantes, que facilitaron el aprendizaje de conceptos fundamentales de Nanotecnología, y llamó la atención de los estudiantes.

5.2 Resultados de la Evaluación: Gráficos de las encuestas para demostrar la "Comprensión Conceptual" y "Participación".

5.2.1 Resultados de encuestas en estudiantes de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería.

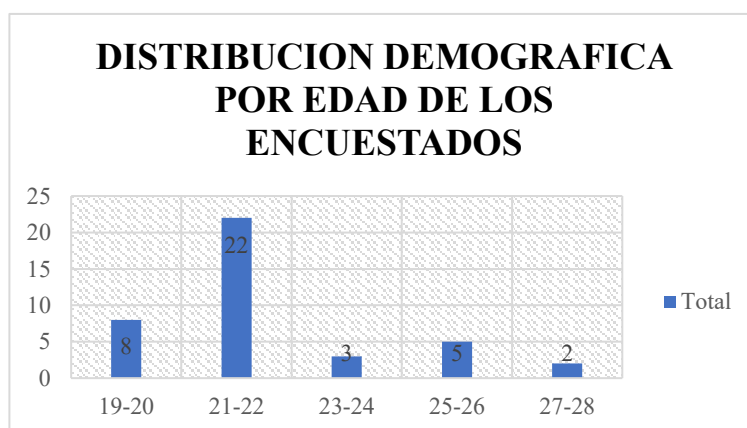
La muestra está compuesta por 40 estudiantes, observándose una mayoría en las edades de 21 y 22 años. Esto indica esta encuesta fue evaluada por jóvenes adultos, lo cual es algo lógico, por ser estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la ULEAM. Esta homogeneidad en el rango etario permite concluir que los resultados de aprendizaje son representativos de la población estudiantil que posee habilidades digitales activas

5.2.1.1 Bloque 1. Perfil Demográfico

Presenta la tabla de frecuencias de las edades que tabulamos (19-28 años). Esto establece quiénes respondieron.

Rango de edades	Total
19-20	8
21-22	22
23-24	3
25-26	5
27-28	2
Total	40

Tabla 1. Rango de Edades de Encuestados.
Fuente: Propia



Grafica 1. Gráfico de Perfil Demográfico.
Fuente: Propia

5.2.1.2 Bloque 2: Evaluación Técnica (Conocimiento Adquirido)

En esta sección se analizan los resultados obtenidos tras la ejecución de los talleres prácticos y la exposición de los recursos audiovisuales, con el fin de medir la transferencia de conocimiento técnico sobre nanomateriales

PREGUNTA 1: Tras observar el video, ¿cómo calificaría la capacidad del polvo de concha negra para actuar como un recubrimiento protector (tipo cal)?

Capacidad protectora del polvo de concha negra	Total
Excelente pigmentación y adherencia.	36
Regular, requiere más capas.	4
Total	40

Tabla 2. Capacidad protectora del polvo de concha negra.
Fuente: Propia



Grafica 2. Análisis de Datos de Pregunta #1. Bloque 2. Fuente: Propia

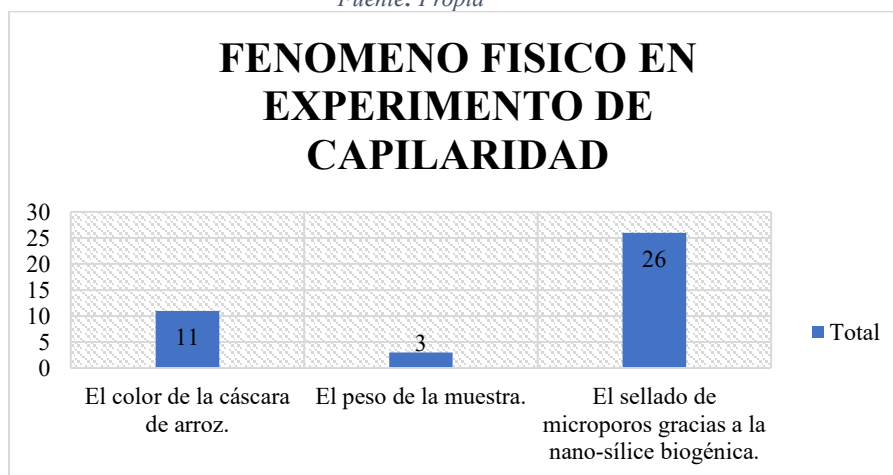
Se observa que el **90.0%** de los participantes calificó positivamente el uso del polvo de concha negra como recubrimiento. Esto valida la eficacia del experimento para demostrar cómo materiales biogénicos pueden ser revalorizados como protectores superficiales en elementos de construcción.

PREGUNTA 2: En el experimento de capilaridad, ¿qué fenómeno fue el que impidió que el agua subiera en la muestra de yeso?

FENOMENO FISICO EN EXPERIMENTO DE CAPILARIDAD	TOTAL
El color de la cáscara de arroz.	11
El peso de la muestra.	3
El sellado de microporos gracias a la nano-sílice biogénica.	26
Total	40

Tabla 3. Fenómeno físico en experimento de capilaridad.

Fuente: Propia



Grafica 3. Análisis de Datos Pregunta # 2. Bloque 2.

Fuente: Propia

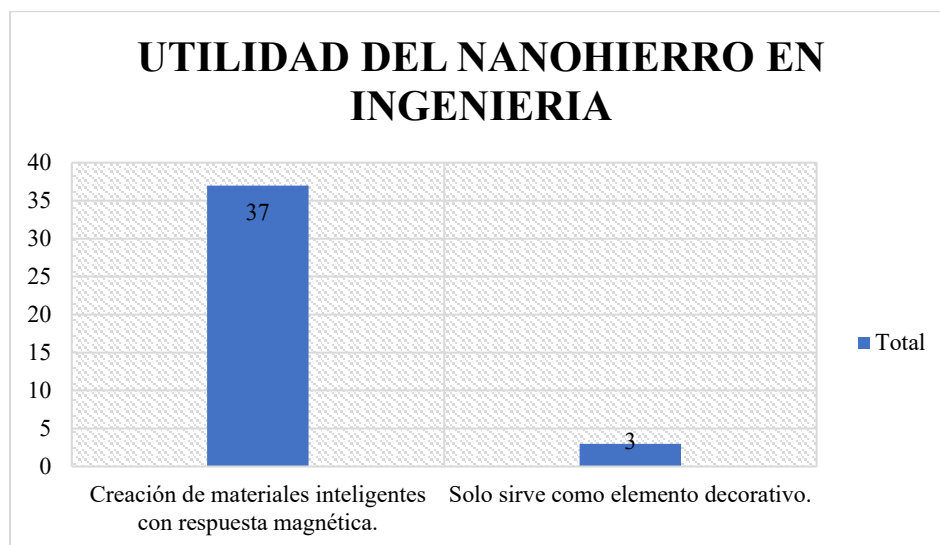
El 65.0% de los estudiantes logró identificar correctamente que el sellado de microporos es la causa de la reducción de la absorción capilar. No obstante, un **27.5%** atribuyó el efecto al color del material, lo que indica que, si bien la mayoría comprendió el fenómeno, el taller presencial es vital para profundizar en la explicación química de la nano sílice.

PREGUNTA 3: Al acercar el imán a la muestra con Nano hierro, ¿qué aplicación considera más útil para la ingeniería

UTILIDAD DEL NANOHIERRO EN INGENIERIA	TOTAL
Creación de materiales inteligentes con respuesta magnética.	37
Solo sirve como elemento decorativo.	3
Total general	40

Tabla 4. Utilidad del Nano hierro en Ingeniería.

Fuente: Propia



Grafica 4. Análisis de Datos Pregunta 3. Bloque 2.

Fuente Propia

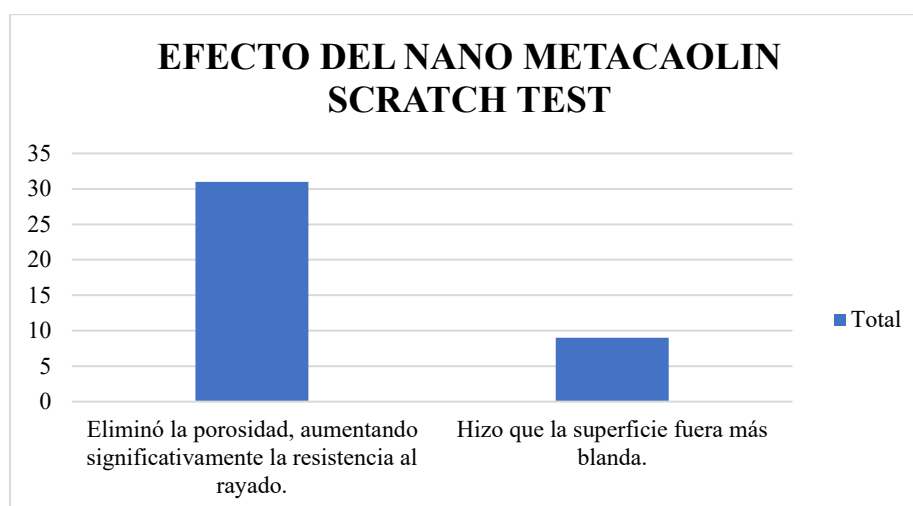
Existe un consenso del **92.5%** sobre el potencial del nano hierro para desarrollar materiales inteligentes con respuesta magnética. Este resultado es sumamente favorable, pues demuestra que el kit incentiva la visión innovadora del futuro ingeniero civil hacia estructuras reactivas.

PREGUNTA 4: ¿Cree que recomendable el incorporar este tipo de videos a la enseñanza de establecimientos educativos?

EFECTO DEL NANO METACAOLIN SCRATCH TEST	TOTAL
Eliminó la porosidad, aumentando significativamente la resistencia al rayado.	31
Hizo que la superficie fuera más blanda.	9
Total general	40

Tabla 5. Efecto del Nano Metacaolín (Scratch Test).

Fuente: Propia



Grafica 5. Análisis de Datos Pregunta 4. Bloque 2.

Fuente: Propia

En la muestra de encuestados podemos observar que el 77.5% de éstos validaron que el Nano- Metacaolín incrementa la resistencia al rayado, este dato es fundamental para demostrar la importancia de las Nanopartículas en la durabilidad de materiales de construcción.

5.2.1.3 Bloque 3: Análisis de la Metodología Didáctica y Recursos Digitales

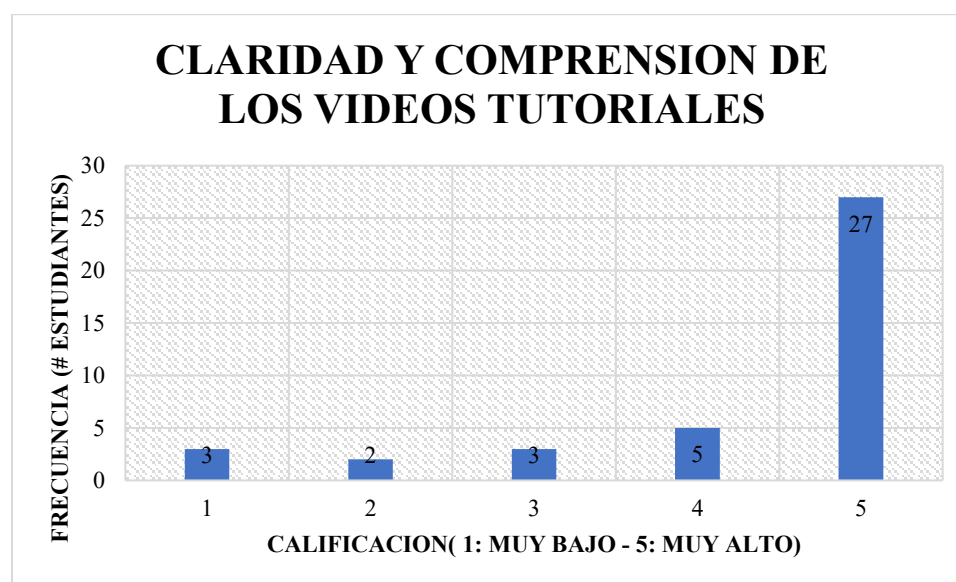
En esta sección se evalúa la percepción de los estudiantes sobre la calidad de los recursos multimedia, el soporte lingüístico del glosario y el impacto de la metodología lúdica en la modernización académica de la ULEAM.

PREGUNTA 1: ¿Los vídeos observados fueron claros y ayudaron en la comprensión de experimentos?

CLARIDAD Y COMPRESION DE LOS VIDEOS TUTORIALES	TOTAL
1	3
2	2
3	3
4	5
5	27
Total general	40

Tabla 6. Claridad y comprensión de los videos tutoriales

Fuente: propia



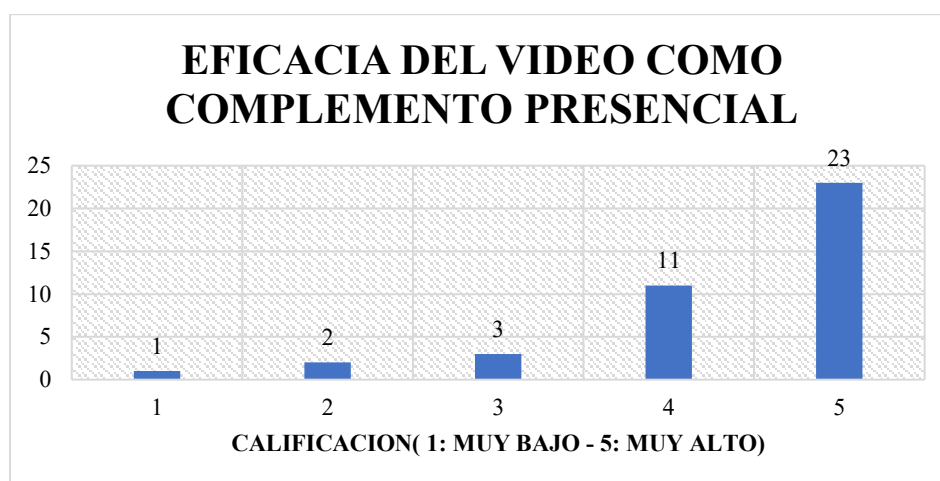
*Grafica 6. Análisis de Datos de Pregunta #1. Bloque 3.
Fuente: Propia*

Según el análisis de resultados el 80% de los estudiantes dieron una puntuación de 4 y 5, llegando a la conclusión que la producción audiovisual cumplió su función de ser guía fundamental y facilitar el aprendizaje.

PREGUNTA 2: ¿El uso de videos tutoriales sustituye la necesidad de una clase presencial?

EFICACIA DEL VIDEO COMO COMPLEMENTO PRESENCIAL	TOTAL
1	1
2	2
3	3
4	11
5	23
Total general	40

*Tabla 7. Eficacia del video como complemento presencial.
Fuente: propia*



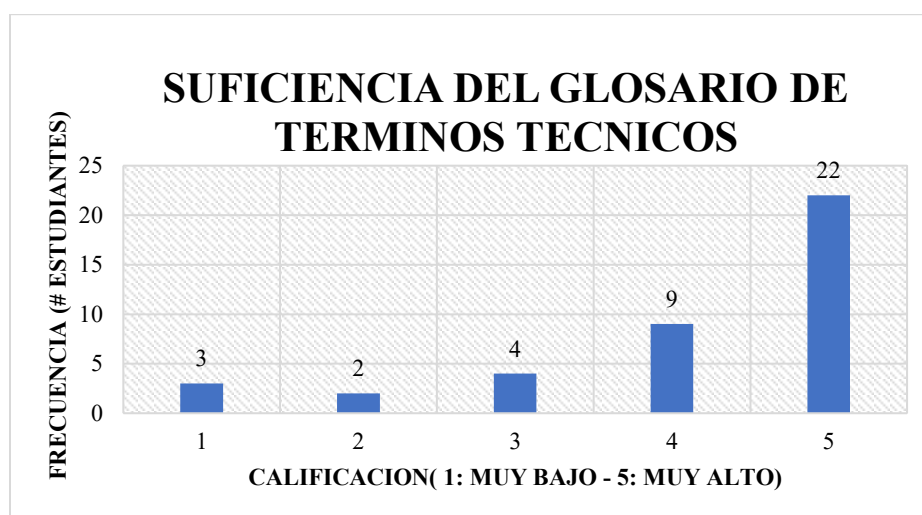
*Grafica 7. Análisis de Datos Pregunta 2. Bloque 3.
Fuente: Propia*

Un 85% de los encuestados validó la eficacia del recurso digital como complemento. Este resultado sugiere que, en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, el video actúa como un facilitador que optimiza el tiempo del docente y permite al estudiante revisar el proceso a su propio ritmo.

PREGUNTA 3: ¿Las definiciones ubicadas en el glosario fueron capaces para comprender el lenguaje técnico utilizado en el manual del Nano Kit educativo?

SUFICIENCIA DEL GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS	TOTAL
1	3
2	2
3	4
4	9
5	22
Total general	40

*Tabla 8. Suficiencia del glosario de términos técnicos.
Fuente: propia*



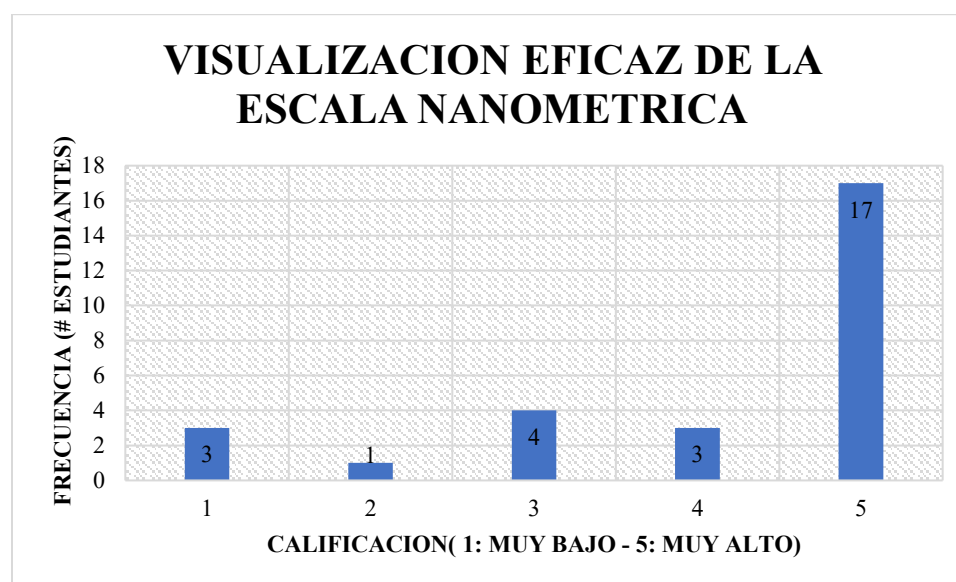
*Grafica 8. Análisis de Datos Pregunta 3. Bloque 3.
Fuente: Propia*

El glosario fue valorado positivamente por el 77.5% de la muestra. La importancia de este recurso radica en que la nanotecnología utiliza terminología que puede ser intimidante; el soporte textual permitió que los juegos didácticos fluyeran sin interrupciones por dudas terminológicas.

PREGUNTA 4: ¿Este video me ayudó a comprender los conceptos básicos de la Nanotecnología?

VISUALIZACION EFICAZ DE LA ESCALA NANOMETRICA	TOTAL
1	3
2	1
3	4
4	3
5	17
Total general	28

*Tabla 9. Visualización eficaz de la escala nanométrica.
Fuente: Propia*



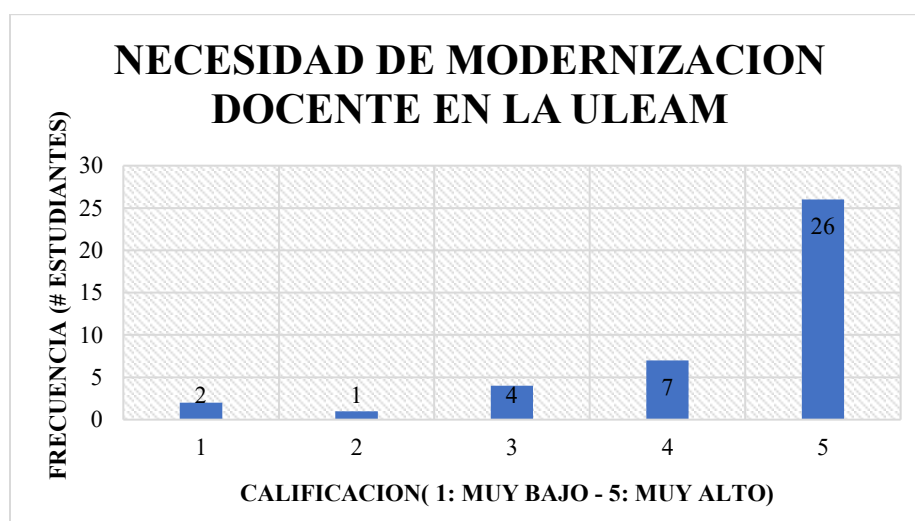
*Grafica 9. Análisis de Datos Pregunta 4. Bloque 3.
Fuente: Propia*

Podemos evidenciar que el 77.5% de los encuestados dieron su respuesta acertada en el aspecto de la analogía visual.

PREGUNTA 5: ¿Considera usted? que estas herramientas didácticas son para actualizar la enseñanza de la Universidad Laica Eloy Alfaro?

NECESIDAD DE MODERNIZACION DOCENTE EN LA ULEAM	TOTAL
1	2
2	1
3	4
4	7
5	26
Total general	40

*Tabla 10. Necesidad de modernización docente en la ULEAM.
Fuente: Propia*



Grafica 10. Análisis de Datos Pregunta 5. Bloque 3.

Fuente: Propia

Esta pregunta alcanzó un 82.5% de aprobación en los niveles más altos. El resultado es un mandato claro de la población estudiantil: existe una demanda real por migrar hacia metodologías de aprendizaje activo y herramientas tangibles como el Kian Nanotech Kit, posicionando este proyecto como una solución pertinente para la actualización del currículo de Ingeniería Civil.

5.2.2 Bloque 4. Validación Final y Recomendación de Uso

Se concluye que este análisis de resultados sobre la disposición de los estudiantes a recomendar esta metodología en otros ámbitos educativos fue acertada y exitosa, logrando un grado de satisfacción global elevado.

PREGUNTA 1. ¿Me recomendaría usar videos interesantes y prácticos en las distintas materias de clases?

RECOMENDACIÓN DEL RECURSO DIDACTICO	TOTAL
Sí	40
Total general	40

Tabla 11. RECOMENDACIÓN DEL RECURSO DIDACTICO.

Fuente: Propia



Grafica 11. Análisis de Datos Pregunta 1. Bloque 4.
Fuente: Propia

Como se observa de forma unánime en la Tabla 11 y su respectiva representación gráfica, el **100%** de los participantes recomienda la implementación de estos recursos. Este resultado es de vital importancia, ya que indica que la herramienta no solo fue útil para el momento del taller, sino que los usuarios universitarios, reconocen un valor intrínseco en la metodología que amerita su réplica en otras áreas de la ciencia y la ingeniería.

La recomendación total de los estudiantes de la ULEAM, valida la propuesta de los autores de insertar estas herramientas en el currículo oficial como un soporte moderno y necesario.

5.3 Discusión y Resultados

5.3.1 Eficacia y Veracidad del Kit

Los resultados obtenidos de nuestros encuestados confirman que el Nano Kit Educativo es una herramienta funcional, que ayuda a optimizar la educación. Tanto la explicación teórica como los vídeos explicativos ayudaron a que los estudiantes comprendan de mejor manera los conceptos fundamentales de Nanotecnología. El plan piloto sirvió para validar la función técnica del kit en universidades. Con respuesta magnética y el mejoramiento de la durabilidad estructural mediante nanomateriales biogénicos.

5.3.2 *Análisis de los Desafíos Cognitivos*

Se evidenció que, los estudiantes universitarios tuvieron una comprensión rápida en actividades de los talleres del nivel intermedio y avanzado, este punto subraya la importancia de la exposición introductoria presencial realizada, la cual funcionó como un puente crítico que los recursos digitales, por sí solos, no habrían logrado cubrir con la misma profundidad.

5.3.3 *Impacto de la Dinámica d Juegos*

Podemos concretar que, la inclusión de juegos y talleres didácticos aumenta el entusiasmo de los estudiantes por aprender, sin miedo a un lenguaje técnico avanzado. El éxito del Nano Kit radica en la aplicación del enfoque lúdico y su metodología atractiva.

6 CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

6.1 Análisis Económico

 PRESUPUESTO NANOKIT EDUCATIVO			
Correo: kian.nanotech@gmail.com Teléfono: 0987026212			
MATERIAL	CANTIDAD	P/U	P TOTAL
TELA	2	\$ 0.13	\$ 0.26
NANO LIQUIDO 3ml	1	\$ 2.20	\$ 2.20
GOTERO	1	\$ 0.23	\$ 0.23
PAQ 8 Cubos pequeños	1	\$ 2.71	\$ 2.71
Tempera	1	\$ 0.18	\$ 0.18
Cubo de Plastico CON TAPA	3	\$ 0.50	\$ 1.50
VARIOS: ARENA, ARROZ, AZUCAR, ACEITE, DETERGENTE LIQUIDO	1	\$ 1.00	\$ 1.00
TAZA MEDIDORA DE 200ML	3	\$ 0.75	\$ 2.25
PAPEL FILTRO PLIEGO	1	\$ 1.50	\$ 1.50
CUCHARA MEDIDORA 2 CABEZAS	1	\$ 1.05	\$ 1.05
CARBON ACTIVADO 6g	1	\$ 0.10	\$ 0.10
PLACA PETRI	3	\$ 0.26	\$ 0.78
CLIP	1	\$ 0.01	\$ 0.01
PINZA DE MADERA	1	\$ 0.75	\$ 0.75
TIJERA	1	\$ 0.25	\$ 0.25
PAPEL DE SEDA	1	\$ 0.05	\$ 0.05
PALETAS DE MADERA	3	\$ 0.02	\$ 0.06
ANTIVAHIO 3 ml	1	\$ 1.80	\$ 1.80
MARCADOR PERMANETE	1	\$ 0.31	\$ 0.31
VELA DE TE	1	\$ 0.25	\$ 0.25
TIZA	1	\$ 0.10	\$ 0.10
BALANZA	1	\$ 2.93	\$ 2.93
REGLA	1	\$ 0.25	\$ 0.25
COTONETE	1	\$ 0.01	\$ 0.01

BANDA ELASTICA(1)	1	\$ 0.26	\$ 0.26
LASER	1	\$ 1.00	\$ 1.00
ESPEJO	1	\$ 0.60	\$ 0.60
CARTULINA BLANCA	1	\$ 0.15	\$ 0.15
VENTOSA	1	\$ 0.25	\$ 0.25
GEKO	1	\$ 0.45	\$ 0.45
LUPA	1	\$ 0.35	\$ 0.35
FRASCO SPRAY 3 ML	2	\$ 0.25	\$ 0.50
BOTELLA ALMACENAMIENTO 30ML	2	\$ 0.30	\$ 0.60
TUBOS DE ENSAYO 1,8ML	7	\$ 0.25	\$ 1.75
CAJA DE NAIFE	2	\$ 4.25	\$ 8.50
NAIFE POTENCIA DE 10	1	\$ 14.00	\$ 14.00
NAIFE JUEGO DE MEMORIA	1	\$ 10.00	\$ 10.00
CAJA DE BUCKYBALL	1	\$ 8.00	\$ 8.00
ROMPECABEZAS BUCKYBALL	1	\$ 15.00	\$ 15.00
NANOPARTICULAS DE DESECHOS AGRICOLAS Y MARINOS: POLVO DE ARROZ,BAMBU, CASCARA DE CAMARON, CONCHA NEGRA	1	\$ -	\$ -
NANOHIERRO 0,5g	1	\$ 8.50	\$ 8.50
NANOGRAFENO 0,5g	1	\$ 22.00	\$ 22.00
NANOALUMINIO 0,5g	1	\$ 11.00	\$ 11.00
NANOSILICE 0,5g	1	\$ 6.50	\$ 6.50
NANOMETACAOLIN 0,5g	1	\$ 4.50	\$ 4.50
NANOARCILLA 0,5g	1	\$ 3.50	\$ 3.50
MOLDE	1	\$ 22.90	\$ 22.90
MANUAL INFORMATIVO	1	\$ 16.15	\$ 16.15
ESPONJA PARA CORTE	1	\$ 3.90	\$ 3.90
CORTE LASER PARA PARTE INTERNA DEL MALETIN	1	\$ 7.66	\$ 7.66
MALETIN	1	\$ 23.50	\$ 23.50
TOTAL			\$ 212.05

Tabla 12. Presupuesto Real de fabricación de 1 Nano Kit Educativo.

Fuente: Propia

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones:

La integración del Nano Kit en las asignaturas de Ensayo de Materiales y tecnología del hormigón en la carrera de ingeniería civil podrá guiar al estudiante a un camino hacia las futuras innovaciones, ayudándolo a entender como la inclusión de nanopartículas en diferentes materiales modifican las propiedades físicas y mecánicas de la materia.

El desarrollo del modelo escalonado de nanotecnología desde lo fundamental a lo práctico de este kit garantiza el aprendizaje de manera afectiva, introduciendo al estudiante los conceptos fundamentales teóricos hasta la aplicación técnica de la nanotecnología.

El diseño de este nano kit abordó los niveles básicos (26 experimentos) e intermedio (14 experimentos) para la asignatura de ensayo de materiales y el nivel avanzado (12) para tecnología del hormigón, dando paso al desarrollo intelectual de estudiantes de la carrera de ingeniería civil.

Las diferentes prácticas que se realizaron en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, industria y arquitectura, para la carrera de ingeniería civil de diferentes niveles, obtuvo como resultado una aceptación general de 97.5%, confirmando que es importante la implementación de este Kit Educativo de Nanotecnología en la carrera de Ingeniería civil.

7.2 Recomendaciones:

Recomendamos a la Facultad de Ingeniería de la ULEAM, la inclusión de la Nanotecnología mediante los módulos del Nano Kit en el currículo de las asignaturas de ensayo de Materiales y Tecnología del hormigón, aprovechando su alta aceptación de los estudiantes hacia herramientas didácticas y lúdicas.

Se sugiere generar una junta entre las autoridades de la Facultad de Ingeniería Civil, para lograr la adquisición del Nano Kit Educativo, y poder mejorar el aprendizaje de la Nanotecnología en las asignaturas de Ensayos de Materiales y Tecnología del Hormigón.

Se recomienda a investigadores futuros profundizar y explorar otros residuos agroindustriales locales para la síntesis de nano-sílice, siguiendo el modelo exitoso del arroz y el bambú.

Además, se sugiere implementar un repositorio digital institucional, donde se incluyan y actualicen videos tutoriales, glosarios, y demás herramientas que permitan la evolución del kit a medida que existan avances en la nanotecnología.

Se recomienda optimizar los procesos de obtención, purificación y caracterización de las nanopartículas provenientes de desechos agrícolas y marinos, con el fin de mejorar su homogeneidad, pureza y estabilidad fisicoquímica, garantizando así resultados más confiables y reproducibles en futuros ensayos experimentales.

7.3 Bibliografía

- Alvansazyazdi, M., Cedeño, N., Reyes, N., & Zurita, A. (07 de 08 de 2025). "Influencia de la nanosílice extraída de caparazones de camarón y cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón". *Alpha International Journal*, 3(2). doi:<https://doi.org/10.63380/aij.v3n2.2025.143>
- Abdalla, J. A., Thomas, B. S., & Hawileh, R. A. (2023). Nanocomposites in civil engineering: A review of the state-of-the-art and future trends. *Journal of Building Engineering*, 76. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107221>
- Ahmed, H. U. (2024). Mechanical and durability properties of concrete containing nano-metakaolin: A review. *Journal of Building Engineering*, 82. doi:10.1016/j.jobbe.2023.108254
- Almeida, & Cabezas, J. D. (2024). *Estudio de Factibilidad para el mejoramiento de la vía que conduce a la Laguna de Mojanda desde la Ciudad de San Luis de Otavalo... Con Implementación de Metodología BIM*. Universidad Central del Ecuador, Instituto de Investigación y Posgrados.
- AlRasheed, A., & El Shafie, A. (2022). Application of nanotechnology in construction: A review of materials and their properties for sustainable buildings. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1-18. doi:10.1186/s44147-022-00084-2
- Alvansazyasdi, M., Bombon, C., & Rosero, B. (2022). Estudio de la incorporación de nanosílice en concreto de alto desempeño (HPC). *Revista INGENIO*, 5(1), 12-21. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3782>

- Alvansazyazdi, M. F., Arévalo, B., & Arévalo, J. (2022). Adoquines de hormigón ecoamigables fabricados con la incorporación de una mezcla de micro-nano sílice. *Revista INGENIO*, 5(1), 34-42. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3784>
- Alvansazyazdi, M., & Rosero, J. A. (2019). The pathway of concrete improvement via nano-technology. *Revista INGENIO*, 2(1), 52-61.
- Alvansazyazdi, M., Carlosama Carde, A. Y., Rosillo Pilamunga, J. D., Bonilla Valladares, P. M., Martial, D. A., Santamaria Carrera, J. L., . . . Tapia Vargas, J. F. (2025). Development of Oat Husk-Derived Nano-Silica for High-Performance and Sustainable Mortar Applications. *Revista INGENIO*, 8(2), 127-142. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v8i2.8165>
- Alvansazyazdi, M., Farinango, D., Yaucan, J., Cadena, A., Santamaria, J., Valladares, B., . . . Ayala, B. (2024). Exploring Crack Reduction in High-Performance Concrete: The Impact of Nano-Silica, Polypropylene, and 4D Metallic Fibers. *International Journal of Engineering & Technology Sciences (IJETS)*, Article ID: IJETS-2405202112891.
- Alvansazyazdi, M., Hualpa, A., & Salgado Reyes, N. (08 de 08 de 2025). "Durability prediction of nanoparticle-enhanced concrete using artificial intelligence: current trends and future perspectives". *Ethos Scientific Journal*, 3(2).
- Alvansazyazdi, M., Pala, G., & Salgado, N. (05 de 08 de 2025). "Comparative review of sisal fiber and cellulose nanofiber reinforced concrete". *Alpha International Journal*.
- Alvansazyazdi, M., Paucar, C., Guaman, C., Valladares, B., Martial, D. A., Santamaria, C., . . . Logacho, M. (2025). Valorization of Sugarcane Bagasse into Nano-Silica: Optimized Route for Enhancing Strength and Sustainability in Cement Mortars. *Revista INGENIO*, 8(2), 95-106. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v8i2.8164>

- Alvansazyazdi, M., Villalba, A., Saltos, S., Santamaria, J., Cadena, A., Leon, M., . . . Feizbahr, M. (2024). Enhancing Sustainable Construction: An Evaluation of Nano-Graphene's Effectiveness in Mortar Composition.
- Alvarez-Rea, F., Alvansazyazdi, M., Pinto Montoya, J., Khorami, M., & Bonilla, P. (24 de 10 de 2023). "Evaluating the influence of hydrophobic nano-silica on cement mixtures for corrosion-resistant concrete in green building and sustainable urban development". *Sustainability*, 15(21). doi:<https://doi.org/10.3390/su152115311>
- Arevalo Arico, B. V., & Arevalo Arico, J. C. (2021). *Adoquines de hormigón eco-amigables fabricados con la incorporación de una mezcla de micro-nano sílice [Trabajo de titulación de Grado, Universidad Central del Ecuador]*.
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Registro Oficial 449. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (09 de 12 de 2016). Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). Ley Orgánica de Educación Superior. Quito.
- Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. (2021). Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. *Materials Advances*, 2(6). doi:10.1039/D0MA00807A
- Barrows , H. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20. doi:10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x
- Benavides, Guzmán Ruano, B. D., & Noguera, C. J. (2024). *Influencia de las Nanopartículas de Grafeno en el Hormigón, para el Mejoramiento en las Propiedades Físico – Mecánicas en*

- Comparación de un Hormigón Convencional de 21 MPa.* Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- Bhattacharya, K. D., & Das, S. (2023). A comprehensive review on the synthesis, characterization, and applications of nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 25(1), 10-32. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11051-023-05689-w>
- Bhattacharya, K., Debnath, N., & Das, S. (2023). A comprehensive review on the synthesis, characterization, and applications of nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11051-023-05689-w>
- Camaño, J. M. (2021). Optimización del secado de biopolímeros marinos para aplicaciones biotecnológicas. *Revista Ecuatoriana de Ingeniería*. Obtenido de <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/reveng>
- Chougan, M., Ghaffar, S. H., & Al-Kheetan, M. J. (2024). Graphene based nano reinforcements for sustainable cementitious composites. *Construction and Building Materials*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134268>
- Claußnitzer, A., Paul, & Mathias. (2025). Cognitive barriers in micro and nanoscale visualization: A study on undergraduate engineering students. *Nanotechnology Education Review*, 88-102.
- Consejo de Educación Superior. (2022). *Reglamento de Régimen Académico*. Quito: Gaceta Oficial del CES.
- Espinar Álava, E., & Viguera Moreno, J. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(3), 39. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n3/0257-4314-rces-39-03-e12.pdf>

- European Commission. (2022). *Commission Recommendation of 10 June 2022 on the definition of nanomaterial (2022/C 229/01)*. Official Journal of the European Union. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022H0614%2801%29>
- Flores, F. G., Alvansazyazdi, M., Morales, F., Reina, D., B., Guzmán, R., & Salgado, N. (03 de 2025). "Advancing sustainable construction: Analysis and evaluation of replacing Aerosil 200 nano-silica with rice husk ash nano-silica in high-strength concrete". *Eídos*, 18(26).
- Flores., & Guzmán, A. M. (2023). *Modelo de gestión para la implementación de la metodología BIM en empresas proveedoras de materiales de construcción, caso de estudio: Plásticos Rival*. Universidad Central del Ecuador.
- Golsha, A. S. (2012). Optimization of Pre-Treatment Parameters before Diamond Coating using Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II). *Advanced Materials Research*, 463-464, 399-405. doi:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.463-464.399>
- Gupta, N., Gupta, S. M., & Sharma, S. K. (2023). Green synthesis of nanoparticles from waste agricultural biomass and their applications: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 32. doi:10.1016/j.eti.2023.103290
- Gupta, S., Sharma, V., & Kumar, R. (2025). Chitin nanocrystals from seafood waste as a green reinforcement for gypsum-based building materials. *Carbohydrate Polymers*, 350.
- Gustavsson, & Magnus. (2023). Challenges in nanotechnology education: Bridging the gap between theory and instrumentation in engineering. *International Journal of Engineering Education*, 39(2), 415-428. Obtenido de 10.1016/j.ijee.2023.01.012

- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2023). Nanoparticles: Classification, types and applications: A comprehensive review. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. doi:10.30574/gscbps.2024.29.3.0469
- Han, B., Ding, S., & Yu, X. (2024). Intrinsic self-sensing concrete: From mechanism to application. *Engineering*, 35, 112-135. doi:10.1016/j.eng.2023.11.012
- Han, B., Ding, S., & Yu, X. (2024). Intrinsic self-sensing concrete: From mechanism to application. *Engineering*, 35, 112-135. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.11.012>
- Heredia, & Valencia, A. M. (2021). *Modelo de gestión eficiente para la etapa de ejecución, en el caso de estudio, readecuación del edificio de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas... Universidad Central del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- Hossain, M. U., Dong, J., & Ng, S. T. (2023). Influence of nano-clay on the rheological and mechanical properties of 3D printable cementitious materials. *Cement and Concrete Composites*, 138. doi:10.1016/j.cemconcomp.2023.104975
- Ibrahim, K., Khalid, S., & Idrees, K. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 908-931. doi:10.1016/j.arabjc.2017.05.011
- INEN. (2014). *NTE INEN 1684: Yeso para construcción. Terminología y definiciones*. Quito: INEN. Obtenido de <https://informacion.normalizacion.gob.ec/normas/>
- INEN. (2014). *NTE INEN 1685: Yeso para construcción. Requisitos*. Quito: INEN. Obtenido de <https://informacion.normalizacion.gob.ec/normas/>
- INEN. (2014). *NTE INEN 1688: Yeso para construcción. Ensayos físicos*. Quito: INEN. Obtenido de <https://informacion.normalizacion.gob.ec/normas/>

- International Organization for Standardization. (2015). *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms*. International Organization for Standardization. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/65615.html>
- Issaabadi, Z., Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., & Sajjadi, M. (2019). *An introduction to nanotechnology*. Elsevier. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00001-8>
- Jithin, J., Ahmed, B., Yen, C., Dufresne, A., Danquah, & K., M. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9. Obtenido de <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.98>
- Kai, N., & Mikko, S. (2023). Challenges in multidisciplinary nanotechnology education: A pedagogical perspective. *European Journal of Engineering Education*, 48(4), 612-628. doi:10.1080/03043797.2023.2185672
- Kaur, G., Singh, S. P., & Kaushik, S. K. (2023). Effect of nano-alumina on the mechanical and durability properties of concrete: A review. *Materials Today: Proceedings*, 78. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.345>
- Keyvanfar, A. K. (2018). Development of Loop Destructive Network Analysis. *IIOAB Journal*, 7(7), 14-17.
- Keyvanfar, A., Khorami, M., González Moya, C., Cruz Cabrera, M., Revelo Báez, C. N., Estupiñán, M., & Shafaghat, A. (2018). Rethinking construction corporate social responsibility practices: Construction neighborhood. *IIOAB Journal*, 9(2), 14-21.
- Khan, M., Cao, M., & Ali, M. (2024). Synergistic effect of nano-Fe₂O₃ and steel fibers on the mechanical properties of high-performance concrete. *Structures*, 60. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105820>

- Khorami, M., Khorami, M., Alvansazyazdi, M., Shariati, M., Zandi, Y., Jalali, A., & Tahir, M. M. (2017). Seismic performance evaluation of buckling restrained braced frames (BRBF) using incremental nonlinear dynamic analysis method (IDA). *Earthquakes and Structures*, 13(6), 531-538. doi:<https://doi.org/10.12989/eas.2017.13.6.531>
- Khorami, M., Khorami, M., Motahar, H., Alvansazyazdi, M., Shariati, M., Jalali, A., & Tahir, M. M. (2017). Evaluation of the seismic performance of special moment frames using incremental nonlinear dynamic analysis. *Structural Engineering and Mechanics*, 63(2), 259-268. doi:<https://doi.org/10.12989/sem.2017.63.2.259>
- Li, W., Xu, J., & Zhang, Y. (2024). Comparative study on hydration and microstructure of cement paste modified by nano-SiO₂ and nano-Al₂O₃. *Construction and Building Materials*, 412. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134802>
- Lin, H., Wang, Y., & Zhang, X. (2025). Active learning strategies in high-complexity technological subjects: Problem-based learning in nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 34(3), 112-126. doi:10.1007/s10956-024-10115-w
- Lin, Z., Liu, Y., & He, Z. (2023). Recent advances in graphene nanoplatelets reinforced cement-based materials: A review. *Journal of Building Engineering*, 76. doi:10.1016/j.jobbe.2023.107258
- Lin, Z., Liu, Y., & He, Z. (2023). Recent advances in graphene nanoplatelets reinforced cement-based materials: A review. *Journal of Building Engineering*, 76. doi:10.1016/j.jobbe.2023.107258
- Logacho Morales, A. E., & Molina Freire, W. S. (2025). *ncorporación de nanosíllice obtenido de desechos del caparazón de cangrejo y su influencia en las propiedades físico-mecánicas*

- de morteros de cemento [Trabajo de titulación de Grado, Universidad Central del Ecuador]*. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- McREL International. (s.f.). *NanoLeap: Physical Science and Chemistry Modules*. Obtenido de McREL International: <https://www.mcrel.org>
- Meegle. (s.f.). *meegle*. Obtenido de https://www.meegle.com/en_us/topics/nanotechnology/nanotechnology-in-education
- Mejía, L., Castro, P., & Velázquez, J. (2024). Valorization of *Anadara tuberculosa* shell waste for the improvement of surface hardness in architectural plaster. *onstruction and Building Materials*.
- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. Quito: miduvi. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/1.-NEC-SE-CG.pdf>
- Montoya, J., Alvarez, F., & Pinto, J. (2023). *Investigación del efecto de la nano sílice y nano sílice hidrófoba en la composición de la mezcla de cemento sobre la resistencia a la corrosión del hormigón*. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- Morales, L. A. (2020). Prevención de la contaminación por la fabricación de hormigones con nanopartículas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 297-312.
- NanoEduca. (s.f.). *NanoKit*. Obtenido de NanoEduca: <https://www.nanoeduca.cat/es/nanokit-2/>
- NanoInventum. (s.f.). *Proyecto NanoInventum*. Obtenido de NanoInventum: <https://www.nanoinventum.org>
- National Nanotechnology Initiative. (s.f.). *What is Nanotechnology?* Obtenido de Nano.gov: <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/what-it-is>
- NISE Network. (s.f.). *NanoDays*. Obtenido de NISE Network: <https://www.nisenet.org/nanodays>

- Norhasri, M. S., Hamidah, M. S., & Fadzil, A. M. (2017). Applications of using nanomaterials in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 133, 91-97. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.005>
- Oshone, E., Habert, G., & Thery, F. (2023). Environmental and mechanical performance of calcined clay-based cementitious materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 190. doi:10.1016/j.resconrec.2022.106822
- Phiri, J., Johansson, L.-S., Gane, P., & Maloney, T. (2023). A comparative study of mechanical properties of micro- and nanofibrillated cellulose, graphene nanoplatelets and carbon nanotubes. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 168. doi:10.1016/j.compositesa.2023.107470
- Pilamunga, A., Cardenas, Y., & Rosillo, J. D. (2025). *Síntesis de nano sílice a partir de la cáscara de avena para modificar las propiedades físicas y mecánicas del mortero con un enfoque eco amigable*. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- Pokropivny, Vladimir, V., & Skorokhod, V. (2007). Classification of nanostructures by dimensionality and concept of surface forms engineering in nanomaterial science. *Materials Science and Engineering: C*, 27(5-8), 990-993. doi:10.1016/j.msec.2006.09.023
- Pozo, P., Bombón, C. D., & Rosero, B. A. (2021). *Estudio de la incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC)*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- Prasad, R., Yadav, A., & Singh, N. (2024). Biogenic silica nanoparticles from agricultural residues: A sustainable approach for high-performance cementitious composites. *Journal of Cleaner Production*, 412. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137452>

- Pujota D., A., & Yungan J, M. (2024). *Estudio de efecto de contracción del hormigón de alto rendimiento (HPC) con nanosílice [Trabajo de titulación de Grado, Universidad Central del Ecuador]*. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- Qureshi, L. A., Khan, S. U., & Babar, A. (2023). Effect of nano-iron oxide (Fe_2O_3) on mechanical and durability properties of concrete: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 409. doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.134102
- Rahmawati, Yuli, Ridwan, Achmad, Nurbaity, & Lusiana. (2023). Integrating nanotechnology literacy into the higher education curriculum: A systematic review. *Journal of Nano Education*. Obtenido de <https://doi.org/10.1166/jne.2023.1314>
- Ramsden, J. (2016). *Applied nanotechnology: The conversion of research results to products* (2 ed.). William Andrew. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02565-1>
- Rathore, S., & Poonia, M. (2023). Toxicity of nanoparticles to the environment and human health: A review. *Materials Today: Proceedings*. doi:10.1016/j.matpr.2023.02.005
- Ren, J., Zhang, L., & Li, D. (2023). Comparative study on the pozzolanic activity of nano-metakaolin and silica fume. *Case Studies in Construction Materials*, 18. doi:10.1016/j.cscm.2023.e01890
- Revollo Rojas, D. (2023). ESTRATEGIAS INNOVADORAS PARA LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. *Fractal: Revista de Investigación Científica (EMI)*, 6. Obtenido de <https://fractal.emi.edu.bo/index.php/fractal/article/view/13/13>
- Rodríguez, M., & Sánchez, J. (2020). Transformación de residuos lignocelulósicos en precursores para nanotecnología. Ed. Académica. Editorial Académica Universitaria. Obtenido de <https://www.editorialuniversitaria.edu.ec/libros/residuos-nanoparticulas>

- Sáenz, F., Alvansazyazdi, M., Cedeño Cevallos, K., & Salgado Reyes, N. (07 de 08 de 2025). "Sulfate attack mitigation in concrete using nanosilica and artificial intelligence: A comprehensive review". *Kairós Scientific Journal*, 4(2). doi:<https://doi.org/10.62943/ksj.v4i2.2025.332>
- Sáenz, F., Alvansazyazdi, M., Cedeño, K., & Salgado, N. (06 de 08 de 2025). "Analysis of the potential of Carbon Nanotubes (CNT) for carbon footprint reduction in cementitious mixtures". *Kosmos Revista Científica*, 4(2). doi:<https://doi.org/10.62943/rck.v4n2.2025.330>
- Sajedi, F., Razak, & Abdul, H. (2024). sustainable construction through nanotechnology: A review of life-cycle cost and environmental benefits. *Journal of Sustainable Development*, 16, 145-160. doi:10.1016/j.jsd.2023.11.009
- Saldarriaga Zambrano, G., Bravo Cedeño, & R Loor, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5802932.pdf>
- Salto Mancheno, S. D., & Villalba Jácome, A. S. (2024). *Análisis de un mortero con nanopartículas de Grafeno, para el mejoramiento de su resistencia a la compresión y adherencia en comparación de un mortero convencional fabricado in situ y morteros prefabricados empleados para trabajos de revoque* [Trabajo de t. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil.
- Servicio Nacional de Derechos Intelectuales. (2024). *SENADI Portal Oficial*. Obtenido de SENADI Portal Oficial: <https://www.derechosintelectuales.gob.ec/>

- Shakiba, M., Rahgozar, R., & Maleki, A. (2023). A comprehensive review on the influence of nano-Al₂O₃ on properties of cement-based composites. *Journal of Building Engineering*, 65. doi:10.1016/j.jobbe.2022.105780
- Singh, K., Ravindranadh, N. V., & Singh, J. (2023). Green nanotechnology: An approach towards sustainable development. *Materials Today: Proceedings*. doi:10.1016/j.matpr.2023.01.001
- Siyue, T., Xun, Y., & Baoguo, H. (2023). Nano-engineered cementitious composites with electromagnetic interference shielding properties: A review. *Composites Part B: Engineering*, 264. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.110903>
- Standardization, I. O. (2015). *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/53441.html>
- Thames & Kosmos. (s.f.). *Nanotechnology STEM Kit*. Obtenido de Thames & Kosmos: <https://store.thamesandkosmos.com>
- The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. The Royal Society. Obtenido de <https://royalsociety.org/topics-policy/publications/2004/nanoscience-nanotechnologies/>
- Toala Rivera, A., Alvansazyazdi, M., Anchundia Lopez, J., & Salgado Reyes, N. (10 de 08 de 2025). "Sustainable nanosilica from hybrid biowaste for advanced cementitious materials: Synthesis, characterization, and performance prediction". *Ethos Scientific Journal*, 3(2).
- Toala Rivera, A., Alvansazyazdi, M., Lopez, J. A., & Reyes, N. S. (09 de 08 de 2025). "Application of artificial neural networks in the analysis of the influence of aluminum nanoparticles on the durability of mortar exposed to saline and humid environments". *Horizon International Journal*.

- Vargas, A., Barrionuevo Castañeda, A., & Tapia, J. F. (2021). *Estudio de un hormigón Eco-Amigable de alto desempeño (HPC) fabricado con la incorporación de una mezcla entre Micro-Nano Sílice*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- Vargas, J., & Tapia, F. (2025). *Study of an environmentally friendly highperformance concrete (HPC), manufactured with the incorporation of a mixture of micronano silica*. Universidad Central del Ecuador, Dirección de Posgrado.
- Vazquez Muñoz, R., & Takeuchi, N. (2017). Enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria: Teoría y práctica. *Momento (también conocida como Momento: Revista de Física)*. doi:10.15446/mo.n54E.64253
- Wang, L., Zhang, G., & Wang, Y. (2023). Review on the mechanism of nanomaterials modifying the microstructure of cement-based materials. *Construction and Building Materials*.
- Yadav, V. K. (2024). Nanomaterials in construction and built environment: Classification, synthesis and applications. *Journal of Building Engineering*, 84. doi:108528
- Yadav, V. K., Yadav, K. K., Cabral-Pinto, M. M., & Choudhary, N. (2024). Nanomaterials in construction and built environment: Classification, synthesis and applications. *Journal of Building Engineering*, 84. doi:10.1016/j.job.2024.108528
- Yuri, R., Alvansazyazdi, M., Fraga, J., Torres, E., Bravo, G., Santamaria, J., . . . Feizbahr, M. (2024). Comparative Analysis of a mortar for plastering with hydraulic cement type HS incorporating nano-iron vs cement-based mortar for masonry type N. *International Journal of Engineering & Technology Sciences (IJETS)*. doi:IJETS-2405252112893.

- Zaid, O., Ahmad, J., Siddique, M. S., & Aslam, F. (2023). A comprehensive review on usefulness of nano-clay in cementitious materials. *Structural Concrete*, 24(2), 1833-1852. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/suco.202200258>
- Zaid, O., Ahmad, J., Siddique, M. S., & Aslam, F. (2023). A comprehensive review on usefulness of silica fume and nano silica in cementitious materials. *Structural Concrete*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/suco.202200258>
- Zakaria, R., AlvansazYazdi, M., Mustaffar, M., Muhd, Z. A., Majid, R., Zin, M., . . . Khairulzan, Y. (2014). Bio-composite materials potential in enhancing sustainable construction. *Desalination and Water Treatment*, 52, 19-21. doi:<https://doi.org/10.1080/19443994.2013.854105>
- Zurita, A., Alvansazyazdi, M., Cedeño Aldean, N., & Salgado Reyes, N. (06 de 08 de 2025). Eco-friendly mortars: the role of nanoparticles and artificial intelligence in reducing the carbon footprint. *Revista Inglobal*.
- Zurita, A., Alvansazyazdi, M., Cedeño Aldean, N., & Salgado Reyes, N. (07 de 08 de 2025). Influencia de la nanosílice extraída de caparzones de camarón y cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón. *Alpha International Journal*. doi:<https://doi.org/10.63380/aij.v3n2.2025.143>

7.4 ANEXOS



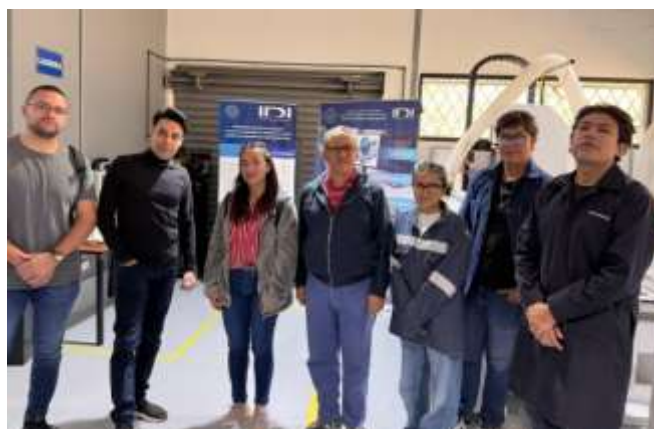
*Anexos 1 Estado del agregado de concha negra tras el ensayo de resistencia a la degradación (Máquina de los Ángeles).
Fuente: Propia*



*Anexos 2. Ensayos de Angulo de Contacto en cubos de Yeso+ Nanopartículas.
Fuente: Propia*

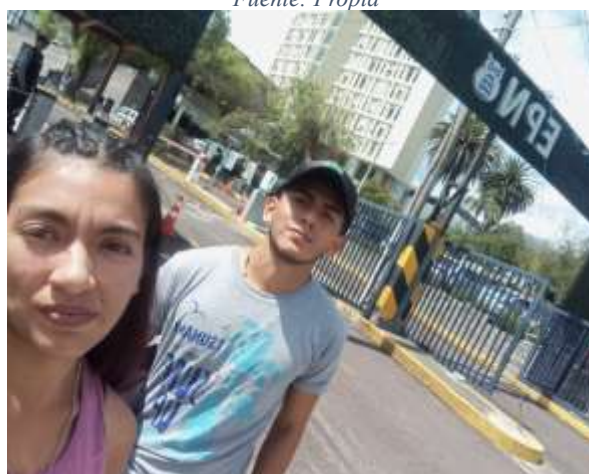


*Anexos 3. Fabricación de Cubos de Yeso Normal y Yeso Modificados.
Fuente: Propia*



Anexos 4. Visita a Laboratorio Universidad Central.

Fuente: Propia



Anexos 5. Visita a Universidades de Quito, para mejoras del Nano Kit.

Fuente: Propia



Anexos 6. Ensayos en Yeso con Desechos Agrícolas y Marinos.

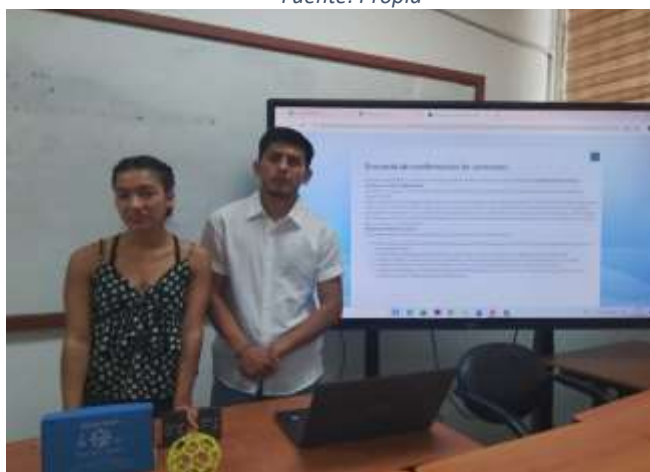
Fuente: Propia



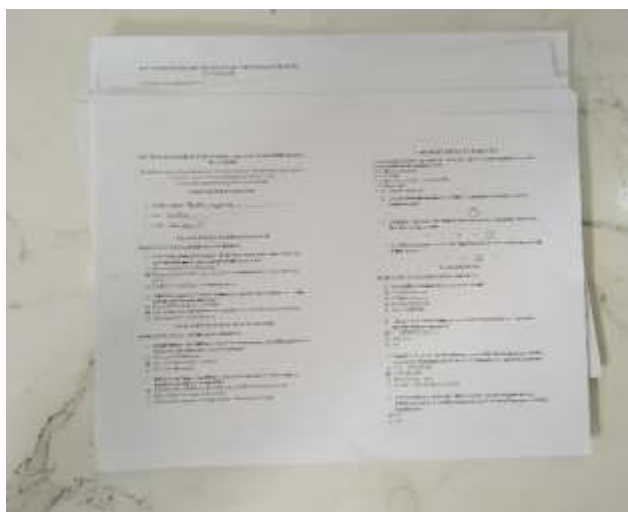
Anexos 7. Exhibición de Kian Nanotech a estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura.
Fuente: Propia



Anexos 8. Talleres Didácticos.
Fuente: Propia



Anexos 9. Presentación de Encuestas a Estudiantes ULEAM.
Fuente: Propia



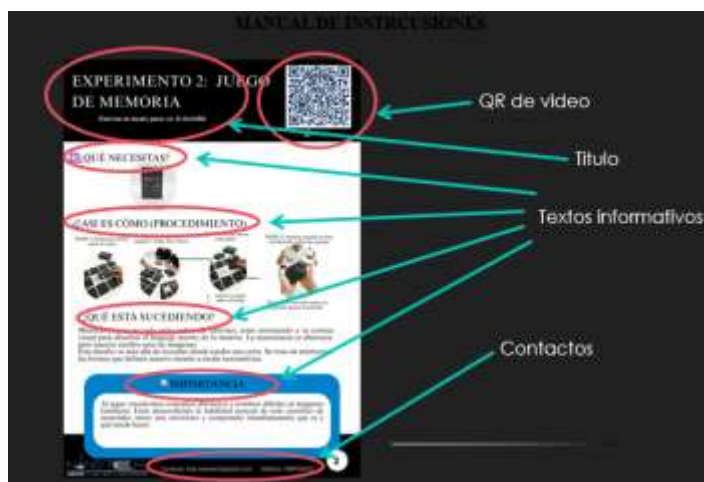
Anexos 10. Encuestas a estudiantes.
Fuente: Propia



Anexos 11. Diseño Final de Nano Kit Educativo.
Fuente: Propia



Anexos 12. Nano Kit Educativo parte interna
. Fuente: Propia



Anexos 13. Formato definitivo de Manual.
Fuente: Propia